

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA**

**UNAN – MANAGUA**

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**DISEÑO DE 1 KM DE ADOQUINADO PARA ACCESAR AL  
INSTITUTO DE EXCELENCIA ACADEMICA (IDEA)  
DIRIAMBA-CARAZO (2012)**



**AUTORES:**

Br. Tamara Patricia Zamora Vallecillo.

Br. Jorge Luis Aguilar Montano.

Br. Adela Yomara Osorio Zamora.

**TUTOR:**

Ingeniero Wilber Javier Pérez Flores.

**MANAGUA, NICARAGUA  
OCTUBRE DEL 2012**

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	1
INTRODUCCION .....	2
ANTECEDENTES .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
JUSTIFICACION .....	5
OBJETIVOS .....	6
DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	7
CAPITULO I: ESTUDIOS DE INGENIERIA .....	9
1.1 - ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	9
1.1.1- Topografía .....	9
1.1.2- Levantamientos Topográficos .....	11
1.1.3- Planimetría .....	19
1.1.4- Altimetría .....	21
1.1.5- Resultados del estudio topográfico .....	24
1.2 - ESTUDIOS DE SUELOS .....	28
1.2.1- Suelo .....	28
1.2.2- Plasticidad .....	29
1.2.3- Clasificación de los suelos .....	33
1.2.4- Estudios de laboratorio .....	34
1.2.5- Compactación de suelos .....	35
1.2.6- Estudio de CBR de campo .....	38
1.2.7- Clasificación de las muestras de suelo .....	42
1.2.8- Resultados obtenidos .....	58
1.3 - ESTUDIOS HIDROLOGICOS .....	65
1.3.1- Método racional .....	66
1.3.2- Intensidad de lluvia .....	68
1.3.3- Cálculos .....	69
1.4 - ESTUDIOS DE TRÁNSITO.....	73
1.4.1-Tipos de tránsito .....	73

1.4.2- Volumen de tránsito .....	74
1.4.3- Tasa de crecimiento .....	79
1.4.4- Tránsito futuro.....	79
1.4.5- Aforo .....	80
1.4.6- Cálculos .....	87
CAPITULO II: DISEÑO DE CARRETERA .....	89
2.1 – DISEÑO GEOMETRICO .....	89
2.1.1- Consideraciones de diseño .....	89
2.1.2- Normas, criterios y especificaciones utilizadas en el diseño del proyecto .....	90
2.1.3- Velocidad directriz o de diseño .....	91
2.1.4- Distancia de visibilidad .....	92
2.1.5- Alineamiento Horizontal .....	93
2.1.5.1- Curvas horizontales .....	94
2.1.5.1.1- Ecuaciones .....	97
2.1.5.2- Curvas de transición .....	101
2.1.5.3- Sobreancho .....	103
2.1.5.4- Sobreelevación o peralte .....	105
2.1.5.5- Tangente intermedia mínima .....	110
2.1.6- Alineamiento Vertical .....	112
2.1.6.1- Curvas verticales .....	113
2.1.6.1.1- Ecuaciones .....	118
2.1.7- Cálculos de curvas horizontales .....	119
2.1.8- Cálculos de curvas verticales .....	144
2.2 – DISEÑO ESTRUCTURAL .....	155
2.2.1- Clasificación de los pavimentos .....	155
2.2.2- Factores para el diseño .....	156
2.2.3- Espesor de la estructura .....	157
2.2.4- Cálculos .....	158
2.3 – DISEÑO HIDRAULICO .....	161
2.3.1- Sistemas de drenaje .....	161
2.3.1.1- Drenaje superficial .....	161
2.3.1.2- Drenaje profundo .....	162

2.3.2- Criterios de diseño .....	162
2.3.3- Ecuaciones .....	164
2.3.4- Cálculos .....	166
2.3.4.1- Cuneta .....	167
2.3.4.2- Vados .....	169
CAPITULO III: BALANCEO DE EQUIPO.....	171
3.1 – MOVIMIENTO DE TIERRA.....	171
3.1.1- Equipo para el movimiento de tierra .....	173
3.1.2- Equipo a utilizar .....	175
3.1.3- Cálculos .....	176
CAPITULO IV: PLANEACION Y PRESUPUESTO .....	187
4.1 – PROCESO DE PLANEACIÓN .....	188
4.1.1- Técnicas de programación .....	188
4.1.2- Cálculo de materiales .....	190
4.1.3- Actividades que componen cada etapa del proyecto .....	199
4.1.4- Duraciones .....	200
4.1.4.1- Cálculo de las duraciones de las act que serán realizadas por obreros .....	201
4.1.4.2- Duración del equipo utilizado en la etapa movimiento de tierra .....	202
4.2 – PRESUPUESTO .....	205
4.2.1- Elemento del presupuesto .....	206
4.2.2- Elaboración del presupuesto .....	206
4.2.2.1- Factores determinantes en la elaboración del presupuesto .....	206
4.2.2.2- Etapas de elaboración de presupuesto .....	207
4.2.3- Precio unitario .....	208
4.2.4- Costo directo .....	209
4.2.4.1- Costo de mano de obra .....	210
4.2.4.2- Costo de materiales .....	210
4.2.4.3- Costo de herramientas y equipos .....	211
4.2.5- Costos indirectos .....	212
4.2.5.1- Costos indirectos de operación .....	213
4.2.5.2- Imprevistos .....	214
4.2.5.3- Utilidades .....	215



4.2.6- Cálculos del presupuesto .....	216
CAPITULO V: IMPACTO AMBIENTAL .....	248
5.1 – IMP AMBIENTALES QUE GENERA LA CONST DEL PROYECTO .....	251
5.2 – PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	253
CAPITULO VI: REQUISITOS DEL PROCESO DE LICITACION .....	260
6.1 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	260
6.2 – ESPECIFICACIONES DETALLADAS .....	262
6.2.1- Preliminares .....	262
6.2.2- Movimiento de tierra .....	265
6.2.3- Adoquinado .....	271
6.2.4- Cunetas, bordillos y vigas .....	275
6.2.5- Obras de drenaje .....	276
6.2.6- Señalización vial .....	277
6.2.7- Limpieza final de la obra .....	278
CONCLUSIONES .....	280
RECOMENDACIONES .....	282
BIBLIOGRAFIA .....	284
ANEXOS .....	286
INDICE DE TABLAS .....	286
I.TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA .....	289
II.ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO .....	300
III.MAQUINARIA Y SUS RENDIMIENTOS .....	326
IV.FOTOGRAFIAS .....	331



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su bondad e infinita misericordia, gracias por darnos la vida y por habernos permitido culminar nuestra carrera y alcanzar las metas que un día nos propusimos.

A nuestros padres, por apoyarnos incondicionalmente a terminar nuestros estudios, así como de estar siempre cuando más los necesitamos.

A nuestro tutor **Ing. Wilber Pérez Flores**, por su apoyo, recomendaciones y el tiempo empleado en la elaboración de esta tesis.

A cada uno de los docentes que han contribuido en nuestra educación, siendo de vital importancia cada uno de los conocimientos que nos han transmitido en el transcurso del tiempo.

Y a cada uno de aquellas personas que directa e indirectamente contribuyeron en la elaboración de esta tesis.

## **INTRODUCCION**

Las carreteras tanto urbanas como rurales, son parte fundamental del entorno que rodea la sociedad de manera que afecta al hombre en sus actividades diarias. La situación actual de la red vial de Diriamba-Carazo, su problemática, conservación y desarrollo son temas de vital importancia para el desarrollo económico de la zona.

Dentro del plan de desarrollo vial del municipio, la alcaldía de Diriamba tiene presupuestado para el año en curso, la construcción de un kilómetro de adoquinado que dará acceso al centro Instituto de la Excelencia Académica (IDEA), esta es una institución educativa pública de cobertura nacional administrada por el MINED con un sistema de internado bajo un programa de becas que ofrece el nivel de bachillerato con énfasis en dos áreas: humanística y científico-técnica, está ubicado en el llamado Triangulo de Oro que une a Diriamba con las comunidades de El Carmen, El Diamante y la Hacienda de café San José.

Actualmente las comunidades cercanas a la zona del proyecto se ven muy afectadas por la falta de adoquinado en la calle que trafican a diario. Con el proyecto: “**Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)**” se dará una respuesta satisfactoria a la demanda de la población.

La memoria y documentación de las actividades de campo, desarrolladas durante el proceso de conceptualización tales como el estudio topográfico, diseño vial y los estudios geotécnicos se presentan en este Informe así como también el diagnóstico de la situación encontrada, análisis ambiental, el cálculo de los volúmenes de obra y costos, el diseño vial de las calles objeto de este estudio y anexo a este documento se presentan los planos constructivos.

## **ANTECEDENTES**

El desarrollo del sistema vial en Nicaragua ha ocupado un lugar fundamental en el marco de la economía nacional. El proyecto “Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)”, beneficiara a la comunidad estudiantil así como también a los barrios aledaños al centro académico.

Desde el año 2,004, la Alcaldía de Diriamba hace nacer un proyecto de vivienda social, en coordinación con el instituto de la vivienda (INVUR), con la finalidad de beneficiar a las familias de escaso recursos, ofreciendo lotes de un área aproximada de 10m x 20 m (200 m<sup>2</sup> a precios módicos de \$300.00 ( trescientos dólares netos), surgiendo nuevos barrios rurales Bagazal 1 y Bagazal 2 y Anexo Villa Reconciliación, pero fue hasta el año 2,005 que se comenzó a poblar , las familias fueron construyendo paulatinamente sus casas, pero luego se dio el fenómeno de toma de tierras, apropiándose de las áreas verdes y zonas de riesgos (quebradas y causes naturales) y actualmente la zona está saturada.

El en año 2,007 y 2,008 el Ministerio de energía y mina MEM instala el servicio de energía eléctrica a las comunidades Bagazal 1 y Bagazal 2 respectivamente, donde la cobertura de electrificación no favoreció a los que no contaban con un titulo de propiedad, posteriormente se logro que se favorecieran con dicho servicio y que legalizaran sus viviendas; hasta la fecha la alcaldía de Diriamba en coordinación con el INVUR, sigue gestionando el proyecto de letrinas en los barrios Bagazal 1, Bagazal 2 y el anexo Villa Reconciliación.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el acceso hacia el instituto IDEA no presenta las condiciones óptimas ya que el camino es terreno natural y en temporadas de lluvias se torna crítico por las irregularidades del terreno, creando la acumulación de agua que posteriormente se convierte en criaderos de mosquitos afectando la salud de la población.

Los usuarios de esta vía de transporte se enfrentan día a día a diferentes situaciones como son: la dificultad de accesibilidad por la población en general y habitantes del barrio al sitio; el incremento de morbilidad y mortalidad infantil por la falta de revestimiento de la calle y drenajes insuficientes, ya que se forman criaderos de vectores por charcas en el invierno y polvo en suspensión en el verano y el alto riesgo de accidentes que se presenta por cárcavas en las calles entre otros factores. De ahí la necesidad de eliminar las pésimas condiciones en que se encuentran estas calles.

Por lo antes mencionado, se presenta un diseño geométrico y estructural el cual lleva como nombre **“Diseño de un kilómetro de adoquinado para accesar al instituto de excelencia Académica (IDEA)”** aplicando todos los conocimientos y experiencia adquirida con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos y así aportar al bienestar de la sociedad.

## **JUSTIFICACION**

Para que una determinada zona avance en su desarrollo socioeconómico es necesario que la misma cuente con un sistema de comunicación establecido por medio de sus vías de acceso, cumpliendo con las especificaciones técnicas y la demanda de la población.

Con la construcción de la carretera se brindara seguridad y confort a los estudiantes de IDEA y las comunidades cercanas a la zona de proyecto, se reducirán las enfermedades provocadas por las charcas beneficiando en gran medida a la población que habita este sector, así como también habrá una disminución en los tiempos de viaje del volumen de tráfico que opte circular por esta ruta, cabe mencionar que cercano al sitio del proyecto se encuentra un banco de materiales: “Quebrada honda” ( a 6 Km. del casco urbano) por lo que en esta zona trafican vehículos pesados y con la ejecución del proyecto habrá un mejor nivel de circulación , también la apertura de este eje vial contribuirá de manera significativa en el desarrollo acelerado del proceso de urbanización de la zona.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar geométrica y estructuralmente el pavimento de un kilómetro de calle, para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica (IDEA) en el casco rural del municipio de Diriamba, departamento de Carazo.

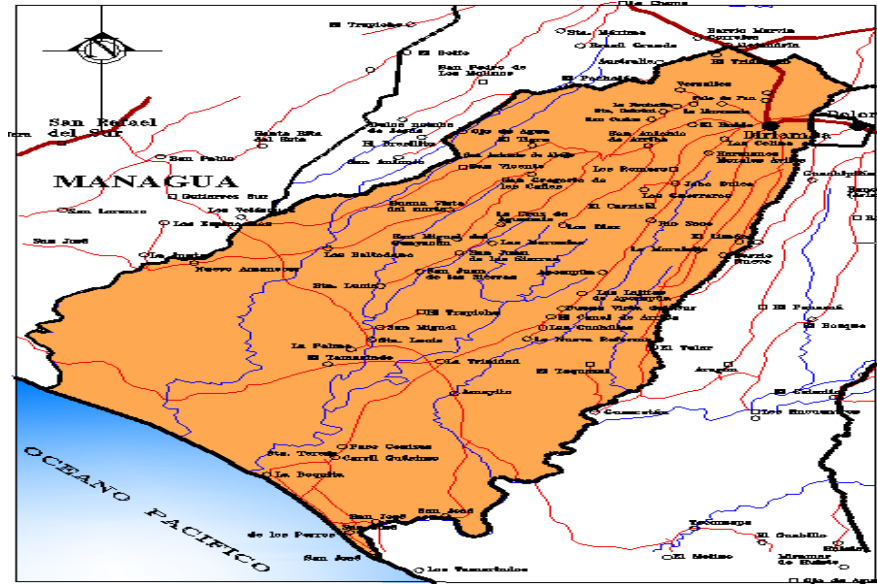
### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Diseñar geométricamente el tramo de un kilometro de calle (acceso a IDEA) en el casco rural del municipio de Diriamba, departamento de Carazo, a través de un Estudio Topográfico.
2. Diseñar el espesor de pavimento de un kilometro de adoquinado, por medio de la elaboración de un Estudio de suelo y de tránsito.
3. Realizar el diseño hidráulico para el drenaje del sitio del proyecto con la realización de un estudio Hidráulico.
4. Planear la cantidad de material, duración de proyecto y su respectivo presupuesto de los costos de obra.



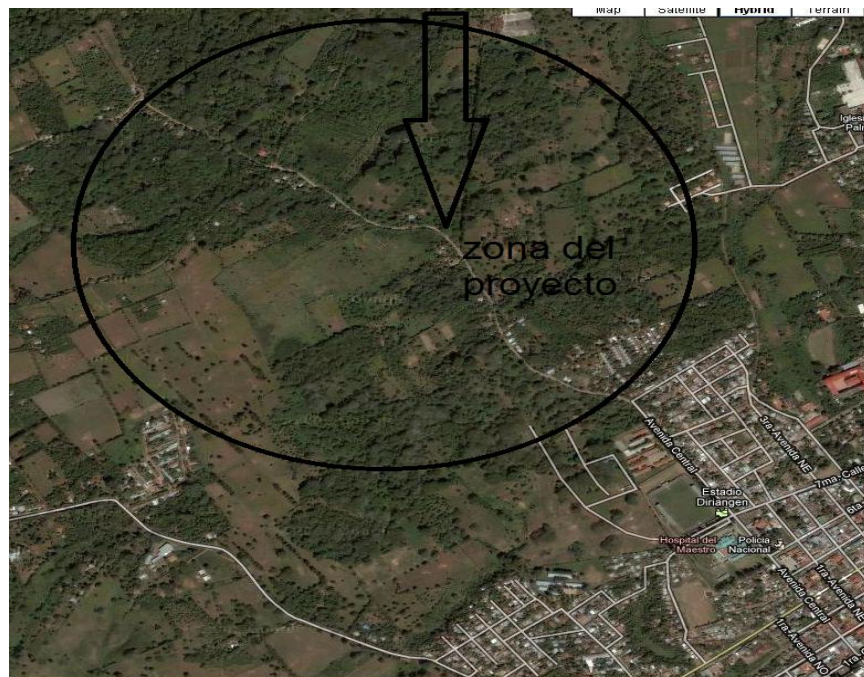
## **DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO**

### **MACROLOCALIZACION DE LA ZONA DEL PROYECTO**



Fuente: Mapas cartografía, Alcaldía de Diriamba, 2,009.

### **MICROLOCALIZACION DE LA ZONA DEL PROYECTO**



Fuente: Google Earth, 2,012

El proyecto: “**un kilómetro de adoquinado para acceder a IDEA**”, se encuentra ubicado en el llamado Triangulo de Oro que une a Diriamba con las comunidades de El Carmen, El Diamante y la Hacienda de café San José. El adoquinado inicia a media cuadra del estadio Diriangén, justamente donde finaliza el barrio Carlos Méndez este barrio se encuentra a 0.80 km de la cabecera departamental, luego se encuentra el barrio los Ángeles a 3.0 km de la cabecera le sigue barrio Bagazal #1 a 3.50 km, y continua el barrio Bagazal #2 a 3.80km, todas estas comunidades se encuentran dentro de la zona del proyecto, que es una zona rural.

**Límites:** limita al norte con el barrio Palo de pan, al sur con el barrio Carlos Méndez que está a 0.80 km del cabecera departamental de Diriamba, al este con el barrio Berlín, y al oeste con el barrio la Limonaria.

### **Población:**

La población en la zona del proyecto es la siguiente:

No	Comunidad	U/R	Poblacion	Hombre	Mujer	Hogares	Total Vivienda	Distribucion Concentrada / Dispersa	Distancia a la cabecera
1	Bagazal 1	U	256	127	129	54	50	Concentrada	3.50 km
2	Bagazal 2	U	188	94	94	40	37	Concentrada	3.80 km
3	Villa Paraiso de Dios	U	300	149	151	63	58	Concentrada	3.20 km
4	Villa los Angeles	U	538	267	271	112	104	Concentrada	3.00 km
5	Palo de pan	R	337	169	168	74	73	Dispersa	6.00 km

**Fuente:** Alcaldía de Diriamba

Para un total de 1,619 habitantes.

**Clima y Temperatura:** Se encuentra ubicado en la zona climática “Zona Seca Tropical” que se caracteriza por una marcada estación seca que cubre seis meses (Noviembre a abril). La temperatura anual oscila entre los 22° C y 26° C y en época de invierno baja hasta los 18° C. La precipitación pluvial varía entre 1,350 y 1,500 mm anuales.

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIOS DE INGENIERIA**

Para la realización de un proyecto se deben realizar diferentes tipos de estudios ya que estos son indispensables para obtener la información que se necesita para la hora de diseñar entre los diferentes estudios están:

#### **1.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

##### **1.1.1 Topografía**

Cuando hablamos de Topografía, nos encontramos ante una disciplina de vital importancia en todos los procesos relacionados con la ingeniería en general. A nadie pasará desapercibido que en casi cualquier tipo proyecto o estudio, será necesario disponer de un modelo, a escala reducida, del terreno sobre el que vamos a plasmar nuestras ideas, es decir, a construir. Posteriormente, la Topografía también será nuestra fiel aliada para materializar en el terreno todo aquello que hemos proyectado. Queda claro, por tanto, que el conocimiento de las técnicas y métodos disponibles para modelizar el terreno es necesario e imprescindible para todos los futuros ingenieros, sea cual sea la especialidad en la que estos vayan a desarrollar su futura labor profesional.

Tradicionalmente se ha venido definiendo la topografía como “el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales”.

No debemos perder de vista que la Topografía va a centrar su estudio en superficies de extensión limitada, de manera que sea posible prescindir de la

esfericidad terrestre sin cometer errores apreciables. Para trabajar con grandes superficies será necesario recurrir a la Geodesia y a la Cartografía. Podríamos decir que la Topografía acaba donde comienza la Geodesia, aunque hoy día, con el empleo de aparatos cada vez más sofisticados, también es difícil precisar estos límites de una forma clara. En todo caso, en la mayor parte de trabajos, la Topografía tendrá que apoyarse en la Geodesia y en la Cartografía para obtener resultados correctos.

### **Unidades de medida empleadas en topografía**

**Unidades de longitud:** como puede imaginarse, la unidad de longitud más empleada en Topografía es el metro.

**Unidades de superficie:** en Topografía se trabaja con Hectáreas (10,000 m<sup>2</sup>). A veces también se utilizan Km<sup>2</sup>.

**Unidades angulares:** se trabaja con graduación sexagesimal o centesimal:

**Graduación sexagesimal:** se considera como ya sabemos, una circunferencia dividida en 360 partes iguales denominadas grados. Cada grado se compone de 60 minutos y cada uno de estos en 60 segundos, escribiéndose de la siguiente forma:

15° 25' 48" 6

**Graduación centesimal:** suele ser más empleada por su sencillez. La circunferencia está dividida en 400 grados y cada uno de estos en 100 minutos. Los minutos a su vez están formados por 100 segundos. Pueden escribirse de dos formas equivalentes:

25g 68m85s 8 o bien 25,68858g

### **1.1.2 Levantamientos Topográficos**

Es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos localizados en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas.

#### **Equipo necesario para realizar un levantamiento**

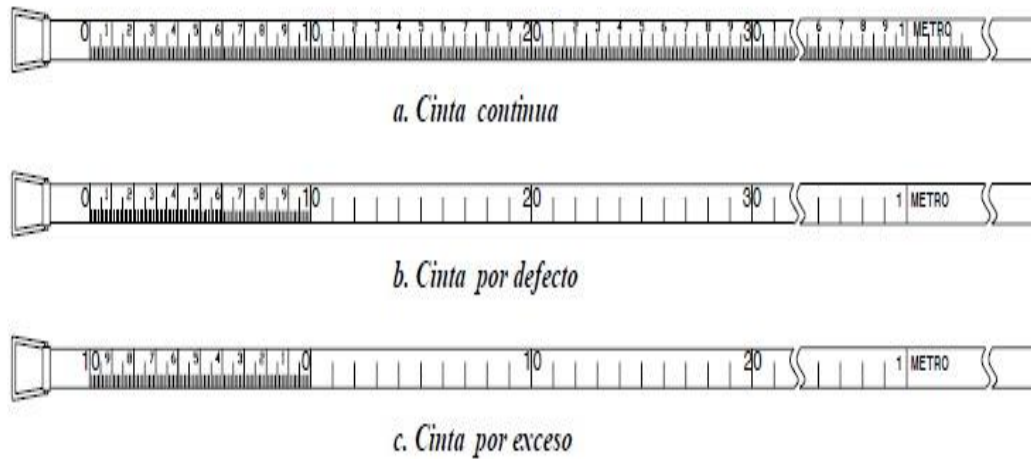
**Cintas métricas:** Medir una longitud consiste en determinar por comparación, el número de veces que una unidad patrón es contenida en dicha longitud. La unidad patrón utilizada en la mayoría de los países del mundo es el metro.

En el proceso de medida, las cintas son sometidas a diferentes tensiones y temperaturas, por lo que dependiendo del material con el que han sido construidas, su tamaño original variará. Por esta razón, las cintas vienen calibradas de fábrica para que a una temperatura, tensión y condiciones de apoyo dadas, su longitud sea igual a la longitud nominal.

En cuanto a su graduación para la lectura, las cintas métricas se pueden clasificar en: Cintas continuas, divididas en toda su longitud en metros, decímetros, centímetros y milímetros como se muestra en la **Figura 1.1.a**.

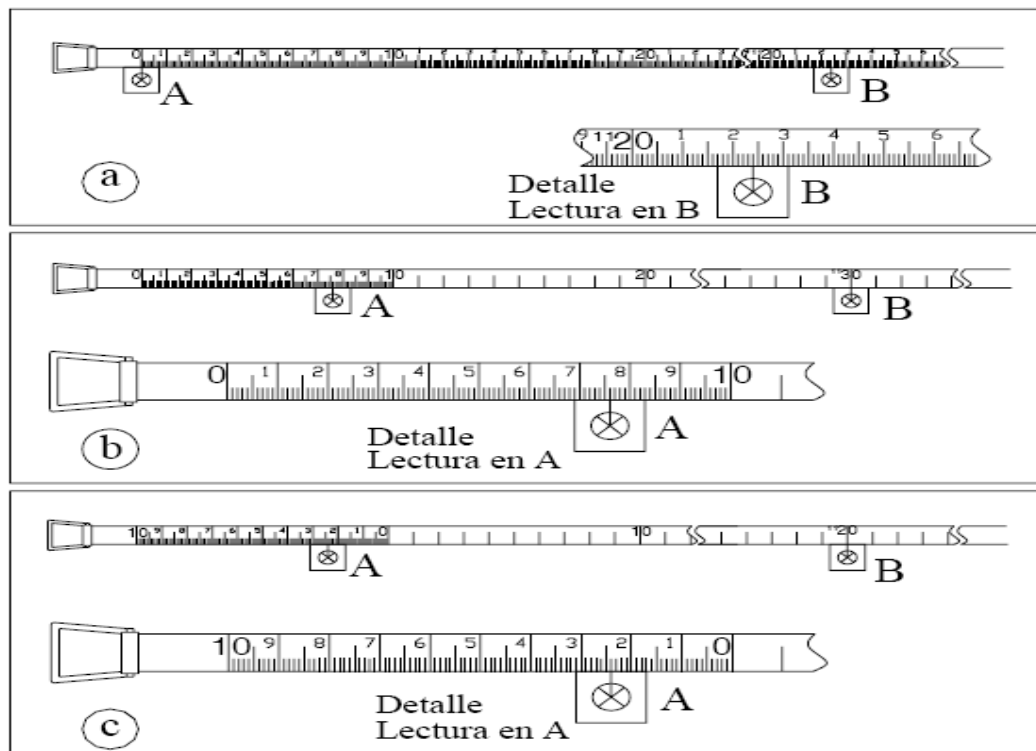
Para medir una distancia AB con cinta continua, se hace coincidir el cero con un extremo “A” y se toma la lectura de la coincidencia de la graduación con el otro extremo “B” (11,224 m), tal y como se muestra en la **figura 1.2.a**. Luego la distancia entre A y B es:  $D m AB = 11,224$

**Figura 1.1:** Diferentes tipos de cintas



**Fuente:** Casanova Matera, Leonardo (2,002). *Topografía plana*. Mérida.

**Figura 1.2:** Mediciones con diferentes tipos de cintas



**Fuente:** Casanova Matera, Leonardo (2,002). *Topografía plana*. Mérida.

**Cintas por defecto (substracción)**, divididas al milímetro solamente en el primero y último decímetro, el resto de la longitud está dividido en metros y decímetros, tal y como se muestra en la **Figura 1.1.b**.

Para medir una distancia AB con una cinta por defecto, se hace coincidir el extremo “B” con el decímetro entero superior más próximo a la longitud a medir (11,300 m en la **Figura 1.2.b**), y se toma la lectura en el extremo “A” con el primer decímetro, el cual está dividido en centímetros y milímetros (0,076 m en la figura 1.2.b), luego, la distancia entre AB es:

$$D m AB = 11,300 - 0,076 = 11,224$$

**Cintas por exceso**, al igual que las cintas por defecto, están divididas en toda su longitud en metros y decímetros, y sólo el último decímetro está dividido en centímetros y milímetros.

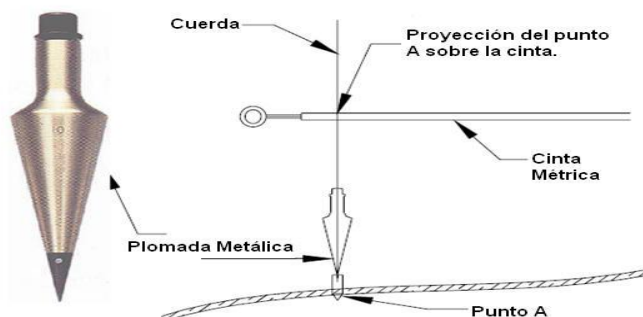
Este tipo de cintas posee un decímetro adicional graduado en centímetros y milímetros, colocado anterior al cero de la misma y con graduación creciente en sentido contrario a las graduaciones de la cinta tal y como se muestra en la **Figura 1.1.c**.

Para medir una distancia AB con una cinta por exceso, se hace coincidir el extremo “B” con el decímetro entero inferior más próximo a la longitud a medir (11,200 m en la **Figura 1.2.c**), y se toma la lectura en el extremo “A” con el decímetro adicional, dividido en centímetros y milímetros (0,024 m en la **Figura 1.2.c**), luego, la distancia entre AB es:

$$D m AB = 11,200 + 0,024 = 11,224$$

**Plomada metálica.** Instrumento con forma de cono, construido generalmente en bronce, con un peso que varía entre 225 y 500 gr, que al dejarse colgar libremente de la cuerda sigue la dirección de la vertical del lugar, por lo que con su auxilio podemos proyectar el punto de terreno sobre la cinta métrica.

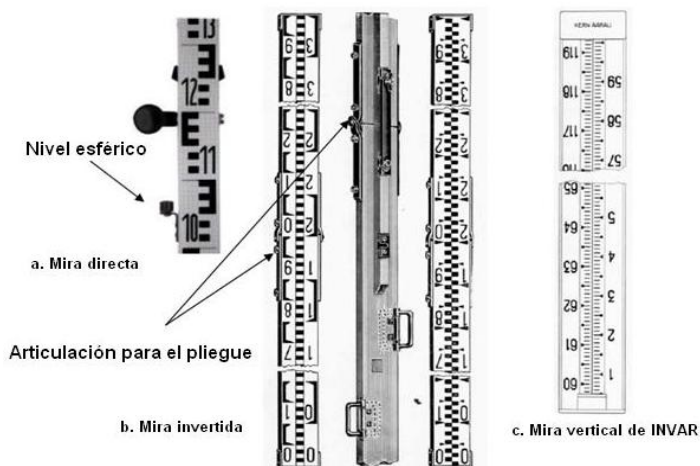
**Figura 1.3:** Plomada Metálica.



**Fuente:** Casanova Matera, Leonardo (2,002). *Topografía plana*. Mérida.

**Estadias:** Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricadas de madera, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1 mm. Comúnmente, se fabrican con longitud de 4 m divididas en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.

**Figura 1.4:** Diferentes tipos de estadias



**Fuente:** Casanova Matera, Leonardo (2,002). *Topografía plana*. Mérida.



Las miras verticales se usan en el proceso de nivelación y en la determinación indirecta de distancias. Las miras deben ser verticalizadas con el auxilio de un nivel esférico generalmente sujeto en la parte posterior de la mira.

**Teodolitos:** El teodolito es un instrumento utilizado en la mayoría de las operaciones que se realizan en los trabajos topográficos.

Directa o indirectamente, con el teodolito se pueden medir ángulos horizontales, ángulos verticales, distancias y desniveles.

En cuanto a los métodos de lectura, los teodolitos se clasifican en repetidores y reiteradores, según podamos ó no prefijar lectura sobre el círculo horizontal en cero y sumar ángulos repetidamente con el mismo aparato, o medir independientemente N veces un ángulo sobre diferentes sectores del círculo, tomando como valor final el promedio de las medidas.

**Figura 1.5:** Teodolito Electrónico DT4 de Sokkia



**Fuente:** Casanova Matera, Leonardo (2,002). *Topografía plana*. Mérida.

**El Nivel:** Los niveles son instrumentos constituidos básicamente por un telescopio y un nivel de burbuja, dispuestos en forma tal que la visual (o línea de colimación definido por la intercepción de los hilos de la retícula) puede fijarse horizontalmente.

Los niveles difieren entre si en apariencia, de acuerdo a la precisión requerida y a los fabricantes del instrumento.

**Figura 1.6:** Nivel



**Fuente:** Propia

### **Tipos de levantamientos topográficos.**

1. **De terrenos en general** - Marcan linderos o los localizan, miden y dividen superficies, ubican terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectos, obras y construcciones.
2. **De vías de comunicación** - Estudia y construye caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, etc.
3. **De minas-** Fija y controla la posición de trabajos subterráneos y los relaciona con otros superficiales.

4. **Levantamientos catastrales:** Se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.
5. **Levantamientos aéreos:** Se hacen por fotografía, generalmente desde aviones y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos.

### **Desarrollo de un levantamiento topográfico.**

En los trazos para construcción, el topógrafo proporciona todas las marcas de referencia necesarias para que cada parte de la nueva obra se ubique correctamente dentro del terreno en que se construye.

El topógrafo prepara los planos del sitio de construcción en el cual muestra las relaciones entre el terreno y la obra que será creada, se encarga de marcar sus posiciones horizontales y elevaciones.

El trabajo del topógrafo debe hacerse a un ritmo tal que proporcione las marcas necesarias justo antes del momento en que las va a requerir el constructor en las operaciones de cada día. El topógrafo no debe adelantarse demasiado, ya que las marcas podrían destruirse por la misma construcción. A este proceso topográfico se denomina topografía de la construcción.

Antes de iniciar el diseño de una construcción se debe proporcionar a los ingenieros o arquitectos toda clase de información topográfica relativa al sitio donde se va a efectuar la obra.

1. En primer lugar, se requiere definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logra levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera.

2. Se debe describir el relieve del terreno, para su configuración se efectúa una nivelación, generalmente en los puntos más relevantes y a ambos lados del eje central.
3. Se debe brindar la localización topográfica o detalles de interés tales como:
  - Tendido eléctrico.
  - Tendido telefónico.
  - Drenaje de aguas servidas y pluviales.
  - Red de agua potable.
  - Pozos de visita o manjoles y tragantes de aguas pluviales existentes.
  - Localización de derecho de vía.
  - Mojones, BM.
  - Árboles de gran tamaño, arroyos o cauces.
  - Vías de acceso
  - Construcciones existentes.

La manera que se acostumbra para presentar los datos topográficos es plasmándolos en un plano denominado de conjunto y dibujado a la escala solicitada, para esto se utilizan hojas de dimensiones estandarizadas.

### **1.1.3 Planimetría**

Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Las medidas de distancias entre puntos pueden hacerse con cintas.

#### **Levantamiento topográfico con teodolito y cinta**

En las poligonales abiertas lo primero que el topógrafo debe definir es el sentido del itinerario, el cual puede ser positivo (en sentido de las manecillas de reloj) o negativo (antihorario). Una vez definido el itinerario, se procede a hacer una descripción general del trabajo para trazar la poligonal, se debe elegir las estaciones de forma ventajosa para poder avanzar en el levantamiento.

En este tipo de poligonales no se obtiene ningún cierre, no se puede determinar el error angular acumulativo, excepto por observaciones astronómicas o empezando y cerrando en líneas establecidas con anterioridad, cuyas direcciones y posiciones se conocen.

#### **Levantamiento de detalles**

En casi todos los levantamientos con teodolito se localizan ciertos detalles o accidentes de tipo naturales o artificiales del terreno con respecto a los vértices de las poligonales. La cantidad de detalles puede ser pequeña (levantamiento de linderos) o grandes (levantamientos taquimétricos).

#### **Métodos utilizados en el levantamiento de detalles**

- 1.- Por ángulo y distancia de una estación del polígono.
- 2.- Por medio de los ángulos desde dos estaciones del polígono.
- 3.- Tomando medidas lineales desde dos estaciones.
- 4.- Por el ángulo de una estación y la distancia de otra.
- 5.- Por ordenadas perpendiculares levantadas de los lados del polígono establecido.

### **Procedimiento de campo para el levantamiento topográfico.**

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico fue facilitado por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN – Managua.

1. Definir el sentido o itinerario (positivo o negativo) del levantamiento.  
Se establecieron los estacionamientos a cada 20 mts.
2. Se eligió un BM y se le asignó una cota de 100 m.
3. Se determinó el azimut de una de las líneas del polígono con la ayuda de una brújula. Estacionado en un punto del polígono ubicar el 0°00' en la dirección del Norte Magnético que señala la aguja de la brújula girar a la derecha y visar un vértice del polígono para obtener el azimut de esa alineación.
4. Se efectuó la lectura del hilo central al BM-1 (LE) y del ángulo horizontal registrando ordenadamente cada lectura.
5. Se tomó lectura de los puntos de cada estacionamiento y en detalle los de las secciones transversales. Este procedimiento se repitió de forma cíclica hasta llegar a la última estación requerida.

#### **1.1.4 Altimetría**

##### **Tipos de nivelación.**

##### **La nivelación compuesta.**

Es la nivelación más corriente y de más frecuente uso en la práctica diaria y no es más que una sucesión de varias nivelaciones simples.

En la nivelación compuesta el aparato no permanece en un mismo sitio sino que va trasladándose a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples que van ligándose entre sí por los llamados Puntos de Cambio (PC) o Puntos de Liga (PL). Es de vital importancia la escogencia del PC, ya que de esto depende en gran parte la precisión del trabajo. Este debe ser estable y de fácil identificación, por lo general se utilizan pines o planchas metálicas para esto.

Se define como Punto de Cambio o de Liga (PC o PL), al punto donde se ejecutan las lecturas de frente y de espalda para calcular la nueva altura del instrumento y a la vez el enlace entre dos nivelaciones simples.

Una Lectura de Espalda (LE), es una lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto de elevación conocida, como por ejemplo la lectura del BM que se toma como referencia para nivelar los puntos restantes.

Una Lectura de Frente (LF), es la lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto cuya elevación se desea conocer o bien un punto de cambio.

## **Precisión en la Nivelación Compuesta.**

Esta precisión depende probablemente de más factores que ningún otro trabajo topográfico y aunque influye mucho el instrumento empleado, es decisivo el grado de exactitud con que opera y la experiencia del observador, las condiciones atmosféricas también ejercen gran influencia sobre la precisión deseada. Las prácticas nos dicen que en circunstancias normales con un nivel bien corregido, el máximo de precisión se puede mantener dentro de los siguientes límites:

1.- *Nivelación Aproximada.*

2.- *Nivelación Ordinaria.*

3.- *Nivelación de Precisión.*

4.- *Nivelación de Alta Precisión.*

Los levantamientos viales, son de carácter ordinario, se consideran levantamientos planos y se ejecutan como tal. La nivelación ordinaria se requiere en construcción de carreteras, vías férreas u otras construcciones civiles. Con visuales hasta de 190 m y permite un error máximo permisible de  $0.02\sqrt{k}$ , donde  $k$  es la distancia total del recorrido de la nivelación expresada en KM.

**Levantamiento de secciones transversales (Alineamiento vertical):** Se levantan secciones transversales cada 10 m, con una longitud recomendable que incluye el derecho de vía como mínimo.



**Para elaborar el levantamiento del perfil longitudinal y secciones transversales se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.**

1. Se definió la línea central de la obra a levantar con ayuda del teodolito.
2. Se eligió un BM, se refirió a la línea y se le asignó cota.
3. Se estacionó la línea cada 10 m.
4. Se plantó el nivel en un punto adecuado de tal forma que permitiera observar el mayor número de estaciones desde el mismo sitio.
5. Se ubicó la estadia en el BM y se efectuó la lectura de espalda.
6. Se definió las secciones transversales perpendiculares a la línea central en cada estación y en las intersecciones espaciándolas según fuera conveniente.
7. Se anotó lectura de hc en el centro de las secciones a la izquierda y derecha del eje y se registraron debidamente.
8. Se efectuaron puntos de cambio cuando no se podía observar más lecturas en la estadia.
9. Se realizó el trabajo de gabinete correspondiente.

### 1.1.5 Resultados del estudio topográfico.

**Tabla 1.1:** Resultados de los estudios planimétricos

Estación	Punto	Rumbo	Azimut	Dist	Detalle(derecha)	Detalle(izquierda)
0+000	1	N76°41'9"W	283°18'59"	0		
0+020	2	N81°59'52"W	278°0'8"	20		
0+040	3	N87°19'43"	272°40'17"	20		
0+060	4	N88°50'38"W	271°40'17"	20		
0+080	5	N83°4'57"W	276°55'3"	20		
0+100	6	N76°49'33"W	283°10'27"	20		
0+120	7	N70°37'50"W	289°22'10"	20		
0+140	8	N72°21'59"W	287°38'1"	20		
0+160	9	N76°3'26"W	283°56'34"	20		
0+180	10	N77°21'8"W	282°38'52"	20		
0+203.6	11	N67°11'34"W	292°48'26"	23.6		6.50m/S84°56'34"W
0+220	12	N54°28'20"W	305°31'40"	16.40		
0+240	13	N48°18'59"W	311°41'1"	20		
0+260	14	N46°1'59"W	313°58'1"	20		
0+280	15	N43°39'27"W	316°20'33"	20		
0+300	16	N42°53'44"W	317°6'16"	20		
0+320	17	N35°21'22"W	324°38'38"	20		
0+340	18	N28°59'12"W	331°0'48"	20		
0+360	19	N269°14'20"W	338°10'27"	20		
0+380	20	N22°23'16"W	337°36'44"	20		
0+400	21	N26°26'11"W	333°33'49"	20		
0+420	22	N42°0'26"W	317°59'34"	20	6m/N10°56'24"w	5.85m/S86°46'13"W
0+440	23	N42°57'27"W	317°2'33"	20		
0+460	24	N41°57'50"W	318°2'10"	20		
0+485	25	N38°29'4"W	321°30'56"	25		15.30m/N42°57'27"W
0+510	26	N36°13'11"W	323°46'49"	25		
0+520	27	N35°15'11"W	324°44'49"	10		
0+540	28	N39°1'3"W	320°58'57"	20		
0+560	29	N44°59'48"W	315°0'12"	20		
0+580	30	N49°12'17"W	310°47'43"	20		
0+600	31	N52°31'48"W	307°28'12"	20		
0+620	32	N47°24'51"W	312°35'9"	20		
0+640	33	N66°36'7"W	293°23'53"	20		
0+660	34	S87°6'35"W	267°6'35"	20	8,70m/N68°15'4"W	
0+680	35	S76°3'44"W	256°3'44"	20		

Fuente: Propia

**Tabla 1.1:** Resultados de los estudios planimétricos (continuación)

Estación	Punto	Rumbo	Azimut	Dist	Detalle(derecha)	Detalle(izquierda)
0+700	36	S71°33'53"W	751°33'53"	20		
0+720	37	S75°0'7"W	255°0'7"	20		
0+740	38	S77°56'27"W	282°3'33"	20		14,45m/S53°12'3"W
0+760	39	N82°28'44"W	277°31'16"	20		
0+780	40	N79°27'38"W	280°32'22"	20		
0+800	41	N65°18'34"W	294°41'26"	20		15,45m/N82°9'2"W
0+825	42	N63°32'49"W	296°27'11"	25		
0+840	43	N57°38'41"W	302°21'19"	20		
0+860	44	N63°14'14"W	296°45'46"	20		
0+885	45	N55°42'44"W	304°17'16"	25		
0+900	46	N65°33'17"W	294°26'43"	15	4,50m/N3°41'59"E	
0+920	47	N66°47'15"W	293°12'45"	20		
0+940	48	N66°10'42"W	293°49'18"	20		
0+960	49	N59°30'55"W	300°29'5"	20		
0+980	50	N64°37'25"W	295°22'35"	20	3,87m/N19°57'53"E	
1+000	51	S64°37'25"E	295°22'35"	20	3,80m	

**Fuente:** Propia

## Altimetría

**Tabla 1.2:** Resultados de los estudios Altimétricos

Estación	IZQUIERDA			Centro	DERECHA		
	Después del cerco a 5 m	CERCO Elevacion dist (m)	CUNETAS Elevacion dist (m)		CUNETAS Elevacion dist (m)	CERCO Elevacion dist (m)	Después del cerco a 5 m
0+000	101.080	101.060 1.36	100.065	99.70	100.038	100.18 0.27	100.2300
0+020	100.840	100.830 1.91	100.42	100.29	100.52	101.28 0.66	101.3500
0+040	100.922	100.910 1.06	100.348	100.500	101.050	101.275 1.50	101.2820
0+060	101.451	101.445 0.86	101.135	100.420	100.460	101.121 1.18	101.1280
0+080	100.683	100.678 1.25	100.985	100.850	101.350	100.222 1.13	100.2400
0+100	101.641	101.630 2.38	100.895	100.870	101.830	101.930 2.60	102.0000
0+120	101.843	101.830 1.90	101.090	101.100	102.180	101.685 2.21	101.6900
0+140	101.926	101.920 0.98	101.450	101.600	102.220	101.352 0.98	101.3600
0+160	100.999	100.990 1.20	100.435	100.620	100.795	101.025 0.98	101.0320
0+180	102.699	102.690 0.78	100.740	100.830	100.920	101.250 0.72	101.3000
0+203,6	101.755	101.740 0.96	102.930	102.400	102.500	101.505 0.78	101.5110
0+220	101.626	101.618 1.67	101.529	100.978	100.498	101.598 1.79	101.6000
0+240	101.648	101.643 0.86	101.528	101.208	101.318	103.460 0.74	103.4800
0+260	103.443	103.435 0.40	103.310	102.980	101.480	101.710 0.50	101.7200
0+280	101.720	101.700 0.40	101.520	101.340	101.640	101.810 0.46	101.8210
0+300	101.671	101.660 0.86	101.045	101.045	101.575	103.405 0.768	103.4110
0+320	101.588	101.580 0.65	101.550	101.041	101.282	102.160 0.53	102.1700
0+340	100.823	100.810 1.02	100.746	100.855	100.810	101.005 0.86	101.0120
0+360	100.800	100.790 1.05	100.630	100.810	100.820	101.030 1.18	101.0500
0+380	101.078	101.070 1.25	100.780	100.830	100.830	100.950 1.22	100.9560
0+400	100.870	100.860 0.73	100.880	100.850	100.820	100.810 0.82	100.8130
0+420	100.958	100.945 1.22	100.887	100.990	101.020	101.132 1.08	101.1380
0+440	102.199	102.192 2.22	101.021	101.032	101.742	102.295 2.06	102.3000
0+460	101.590	101.582 1.75	101.162	101.132	102.182	103.544 1.72	103.5550
0+485	103.940	103.932 1.14	103.712	103.752	102.397	103.659 1.14	103.6620
0+510	102.040	102.032 1.82	101.462	101.542	105.364	106.662 2.03	106.6700

Fuente: Propia

**Tabla 1.2: Resultados de los estudios Altimétricos (continuación)**

Estación	IZQUIERDA			Centro	DERECHA		
	Después del cerco a 5 m	CERCO Elevación dist (m)	CUNETA Elevación dist (m)		CUNETA Elevación dist (m)	CERCO Elevación dist (m)	Después del cerco a 5 m
0+520	102.270	102.262 2.26	101.532	101.662	100.112	101.720 2.70	101.7250
0+540	102.300	102.297 1.99	101.765	101.835	102.012	102.042 2.42	102.0500
0+560	102.1700	102.164 3.84	102.040	102.365	102.816	104.115 3.79	104.1200
0+580	99.500	99.496 3.28	102.501	102.426	102.746	99.496 3.56	99.5000
0+600	103.492	103.485 1.78	103.245	103.370	105.905	105.970 2.23	105.9890
0+620	104.840	104.831 2.65	105.941	104.128	104.766	106.426 3.10	106.4350
0+640	106.390	106.381 4.80	104.376	104.581	106.251	106.893 4.94	106.9000
0+660	106.758	106.753 4.34	104.823	105.022	106.291	107.103 3.68	107.1100
0+680	106.820	106.810 3.30	104.763	104.983	105.803	106.728 3.50	106.7350
0+700	106.352	106.346 4.00	105.171	105.218	106.251	106.879 3.97	106.8830
0+720	106.416	106.406 4.05	105.411	105.453	105.611	105.845 4.09	105.8520
0+740	106.512	106.503 4.65	105.597	105.735	106.836	106.978 4.47	106.9820
0+760	106.528	106.524 2.05	105.648	105.559	105.503	106.806 1.73	106.8120
0+780	106.590	106.585 2.86	105.850	105.893	107.003	107.105 2.86	107.1100
0+800	106.045	106.035 3.24	105.610	105.515	107.105	107.120 3.36	107.1260
0+825	107.065	107.055 2.60	105.785	105.665	107.725	107.875 2.53	107.8810
0+840	107.590	107.580 2.60	105.475	105.405	107.790	107.930 2.60	107.9360
0+860	105.347	105.335 1.73	105.225	105.135	108.175	108.155 1.73	108.1600
0+885	107.773	107.768 1.41	106.275	104.585	104.595	105.025 1.47	105.0350
0+900	105.296	105.291 1.09	104.664	104.704	104.811	105.070 1.14	105.0760
0+920	104.700	104.695 1.29	104.403	104.509	104.470	104.547 1.56	104.5520
0+940	104.965	104.958 2.42	104.520	104.577	104.687	104.977 1.93	104.9830
0+960	105.995	105.988 2.38	104.627	104.697	105.633	107.397 2.42	107.4000
0+980	107.862	107.857 2.32	105.021	105.028	106.067	108.087 1.98	108.0930
1+000	107.862	107.857 2.12	105.447	105.367	106.777	107.937 2.16	107.9420

Fuente: Propia

## **1.2 ESTUDIOS DE SUELOS**

En este capítulo se presentan los resultados de las investigaciones efectuadas a partir de los sondeos manuales. Este estudio permite determinar las características del suelo de la calle para accesar al Instituto de Excelencia Académica, en donde se requiere realizar el diseño de estructuras de pavimento.

### **Metodología de estudio.**

Se analizaron las muestras en 5 puntos a lo largo del kilómetro de adoquinado, ubicados a cada 250 metros como lo estipula el Manual para la Revisión de Estudios geotécnicos <sup>i</sup>.

Para la recolección de las muestras en el terreno se utilizó un equipo llamado Auger manual, este equipo permite definir el perfil estratigráfico en suelos granulares y algunos tipos de arcilla, pesa 8 kilogramos, y está compuesto de tres varillas de 1 metro c/u, la altura total es de 3.50 metros.

Para las muestras de CBR de la sub-rasante se usó el equipo llamado: “cono de penetración dinámica DCP por su siglas en ingles”. La razón de penetración del DCP de 8 Kg puede ser usada para estimar el CBR in situ, los puntos analizados se hicieron también a cada 250 metros contiguos a los anteriores.

### **1.2.1 Suelo**

Se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El suelo contiene una amplia variedad de material tales como la grava, arena, mezclas arcillosas, limos, etc.

---

<sup>i</sup>MTI. Corea y Asociado. Nicaragua, octubre (2,008).

Existen dos problemas al analizar los suelos en la naturaleza:

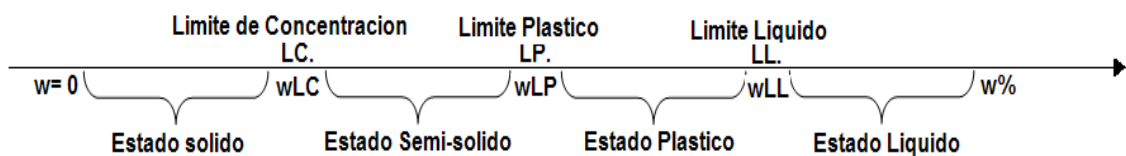
1. Como se encuentran los suelos en la naturaleza.
2. Como se transforman estos materiales naturales en nuevos materiales estructurales.

Ante esto se hace indispensable realizar pruebas de laboratorio que consisten analizar muestras de suelo mediante procedimientos y mecanismos especiales. Las muestras pueden ser recolectadas mediante tres tipos de sondeos:

- Manuales.
- A percusión.
- A rotación.

### 1.2.2 Plasticidad

Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento del suelo en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separa los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes.



**Fuente:** Crespo Villalaz, Carlos (2008). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6ta.ed)

Cuando el suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor a 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el IP está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente

plástico, y cuando el suelo presenta un IP mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

### **Límites de Consistencia ó Límites de plasticidad.**

Una de las pruebas a realizar consiste en la granulometría del suelo, en la que se determina si el suelo es granular o fino y así posteriormente obtener los límites de consistencia de dicho suelo. Los Límites de Consistencia principales son:

#### **Límite Líquido**

Se define como el contenido de humedad expresado en porciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25g/cm<sup>2</sup>.

Para el cálculo del límite líquido se emplea la ecuación de Lambe<sup>i</sup>:

$$LL = w \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (1.1)$$

Donde:

w: porcentaje de humedad.

N: número de golpes.

La ecuación de Lambe permite calcular el límite líquido de un suelo con base en un solo punto del método mecánico. Esto elimina tiempo y además la variable operador.

La fórmula de Lambe puede ser usada con suficiente grado de precisión en el cálculo del límite líquido de un suelo, siempre y cuando se amase la pasta de suelo con un contenido de humedad tal que se cumpla con la condición imprescindible, de que N (número de golpes) este comprendido entre 20 y 30.

---

<sup>i</sup> Lambe, T. William (1991). *Mecánica de suelo y cimentaciones*.



Para facilitar el empleo de la fórmula, esta se puede simplificar así:

$$LL = w \cdot F \quad (1.2)$$

$$F = \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad (1.3)$$

F= factor de corrección

**Tabla 1.3:** Factor de corrección para N golpes

N	F
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.9900
24	0.9951
25	1
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

**Fuente:** Crespo Villalaz, Carlos (2,008). *Mecánica de suelo y cimentaciones* (6ta.ed).

Ecuación para el cálculo del porcentaje de humedad<sup>i</sup>.

$$w = \frac{ph-ps}{ps} \times 100 \quad (1.4)$$

Donde:

w: porcentaje de humedad.

Ph: peso de la muestra húmeda en gramos.

Ps: peso de la muestra seca en gramos.

### Límite Plástico

Se define como el contenido de humedad, expresado en porciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno. Para determinar el LP, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba del LL y

<sup>i</sup>Crespo Villalaz, Carlos (2008). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6ta.ed).

al cual se le evapora la humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá rodillarse enseguida en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos.

Cuando el diámetro del filamento resultante sea de 3.17mm (1/8") sin romperse, deberá juntarse la muestra de nuevo, mezclarse en forma de bola y volver a rodillarse. El proceso deberá continuarse hasta que se produzca un rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar 1/8" de diámetro, luego se toman todos los pedacitos, se pesan, se secan al horno en un vidrio, vuelven a pesarse ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico<sup>i</sup> así:

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 \quad (1.5)$$

Donde:

LP: límite plástico.

Ph: peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos.

Ps: peso de los trocitos de filamentos secos en gramos.

### **Índice de Plasticidad**

Se denomina índice de plasticidad o índice plástico como la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos.

$$IP = LL - LP \quad (1.6)$$

### **Límite de Contracción**

El LC de un suelo se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya una

---

<sup>i</sup>Crespo Villalaz, Carlos (2008). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6ta.ed).

disminución en el volumen. La diferencia entre el LP y el LC se llama índice de contracción (IC) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semi-sólida.

### 1.2.3 Clasificación De Los Suelos.

Consiste en agrupar a los suelos que presentan casi la misma característica de granulometría y consistencia. Los dos principales métodos de clasificación de suelos son:

#### 1.- Método HRB (AASHTO).

#### 2.- Método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación).

El primero tiene su principal aplicación en los suelos que se van a clasificar para ser utilizados en obras horizontales, mientras que el segundo se utiliza para clasificar suelos que serán utilizados en obras verticales. Cabe señalar que en este trabajo sólo se utilizó el método HRB, puesto que se trata de una carretera, esta clasificación comprende 7 grupos, desde A-1 hasta el A-7 con algunos subgrupos.

Para la clasificación de suelos se necesita de la siguiente información:

1. Porcentaje que pasa la malla #200, #40 y #10.

2. Límite líquido y límite plástico (LL, LP)

3. Índice de plasticidad  $IP = LL - LP$  (1.7)

4. Índice de Grupo.  $IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd$  (1.8)

Donde:

**a = %QP#200 – 35 (1.9)**

si %Qp#200 ≤ 35

a<sub>mín</sub> = 0

si %Qp#200 ≥ 75

a<sub>máx</sub> = 40

**b = %QP#200 – 15 (1.10)**

si %Qp#200 ≤ 15

b<sub>mín</sub> = 0

si %Qp#200 ≥ 55

b<sub>máx</sub> = 40

$$c = LL - 40 \quad (1.11)$$

si  $LL \leq 40$

$$C_{\min} = 0$$

Si  $LL \geq 60$

$$C_{\max} = 20$$

$$d = IP - 10 \quad (1.12)$$

Si  $IP \leq 10$

$$d_{\min} = 0$$

Si  $IP \geq 30$

$$d_{\max} = 20$$

El índice de grupo se pone entre paréntesis e indica un modo de apreciar el valor del suelo como sub-rasante, mientras más grande es el valor de índice de grupo (I), peor es la calidad del material. Las sub-rasantes pueden clasificarse en función del índice de grupo de la manera siguiente:

**Tabla 1.4:** Clasificación de los suelos en función de IG

<b>Clasificación de los suelos</b>	
excelente	IG= 0
buena	IG de 0-1
regular	IG de 2-4
mala	IG de 5-9
muy mala	IG de 10-20

**Fuente:** Crespo Villalaz, Carlos (2,008). *Mecánica de suelo y cimentaciones* (6ta.ed).

5. Tabla de clasificación de suelos (ASSHTO) Ver tabla A- 7, en anexos.

El método del HRB plantea que si menos del 35% del material pasa por la malla #200 es de tipo grueso, de lo contrario se considera de tipo fino. Se tomó en cuenta este criterio de granulometría y plasticidad.

#### 1.2.4 Estudio de laboratorio

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración, fueron sometidas a ensayos de laboratorio. Los suelos en estudio se clasificaron en la designación M 145-87 del sistema AASHTO.

A continuación se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación AASHTO correspondiente:

**Tabla 1.5:** Tipo de ensaye realizado a las muestras.

Tipo de Ensaye	Designación AASHTO
Análisis granulométrico de los suelos	T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	T 90 – 97
Pesos Unitarios	T 19 – 88
Ensaye Proctor Estándar.	T 180 – 90
Ensaye CBR	T 193 – 81

Fuente: Normas AASHTO

Los resultados obtenidos de las muestras del terreno realizados en los laboratorios están en anexos pág. 300 a 325.

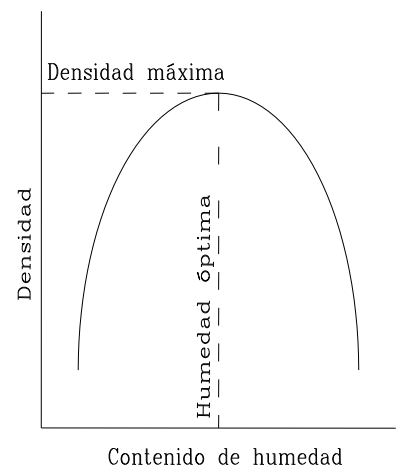
### 1.2.5 Compactación de suelos.

Al proceso mecánico de comprimir el suelo para reducir los vacíos, aumentar la capacidad soporte, impermeabilizar el suelo, reducir su volumen y aumentar la densidad se le llama compactación de los suelos.

#### Factores que afectan la compactación de los suelos.

##### 1.-Contenido de Humedad.

Se trata de la cantidad de agua existente en el suelo, esta tiene gran importancia en el momento de la compactación. El agua mejora la unión entre las partículas de arcilla, que es lo que da cohesividad a diversas materias, sin embargo el exceso puede ser fatal puesto que produce el efecto de licuefacción siendo desfavorable para cualquier tipo de construcción.



Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado *grado óptimo de humedad*, con el que es posible obtener la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación.

**2.- Energía de compactación:** Se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de energía de compactación:

- Peso estático.
- Acción de amasamiento.
- Percusión.
- Vibración.

**3.- Tipo de suelo:** Esto corresponde a la granulometría del suelo, se considera que un suelo está bien granulado si contiene una distribución buena y uniforme de tamaños de partículas. Cuanto menos espacio vacío exista entre las partículas, mejor grado de compactación tendrá.

### **CBR (Valor relativo soporte)**

Se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada.

El CBR se calcula de la siguiente manera:

$$\text{CBR} = \frac{\text{esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{esfuerzo en la muestra patrón}} * 100$$

**Tabla 1.6:** Relación esfuerzo - penetración

<b>Relación esfuerzo-penetración para la muestra patrón</b>	
<b>Penetración en plgs.</b>	<b>esfuerzo lb/plg<sup>2</sup></b>
0.1	1,000
0.2	1,500
0.3	1,900
0.4	2,300
0.5	2,600

**Fuente:** Crespo Villalaz, Carlos (2,008). *Mecánica de suelo y cimentaciones* (6ta.ed).

Con el resultado de CBR de esta prueba se puede clasificar el suelo e indicar el empleo que puede dársele al material en lo que al CBR se refiere:

**Tabla 1.7:** Clasificación del CBR

<b>CBR</b>	<b>CLASIFICACION</b>
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	base buena
80-100	base muy buena

**Fuente:** Crespo Villalaz, Carlos (2,008). *Mecánica de suelo y cimentaciones* (6ta.ed).

### **1.2.6 Estudio de CBR de campo**

#### **Método de diseño estándar para el uso de penetrometro dinámico de cono en estructura de pavimentos.**

##### **Designación: D 6951-03 ASTM<sup>i</sup>**

- **Ámbito de aplicación:** este método de ensayo trata sobre la medición de la razón de penetración del penetrometro Dinámico de Cono con el mazo de 8 Kg. (DCP 8kg) a través de los suelos inalterados y/o compactados.

La razón de penetración puede relacionarse con la capacidad de soporte in situ, tal como se estima con el ensayo de CBR in situ (Razón de Soporte de California).

El DCP que se describe en esta norma es el que se utiliza normalmente en estructuras de pavimentos.

- El método de ensayo considera la opción de un mazo deslizante de 4.6 Kg, para el caso que el mazo de 8 Kg produzca una penetración excesiva, en suelos blandos.
- Esta norma no tiene como propósito considerar todos los aspectos relativos a la seguridad en el uso del dispositivo.

### **Definiciones**

Definiciones específicas para esta norma:

- **DCP Penetración Dinámica de Cono de 8 Kg:** Se trata de un dispositivo usado para evaluar la resistencia de suelos inalterados y/o compactados.

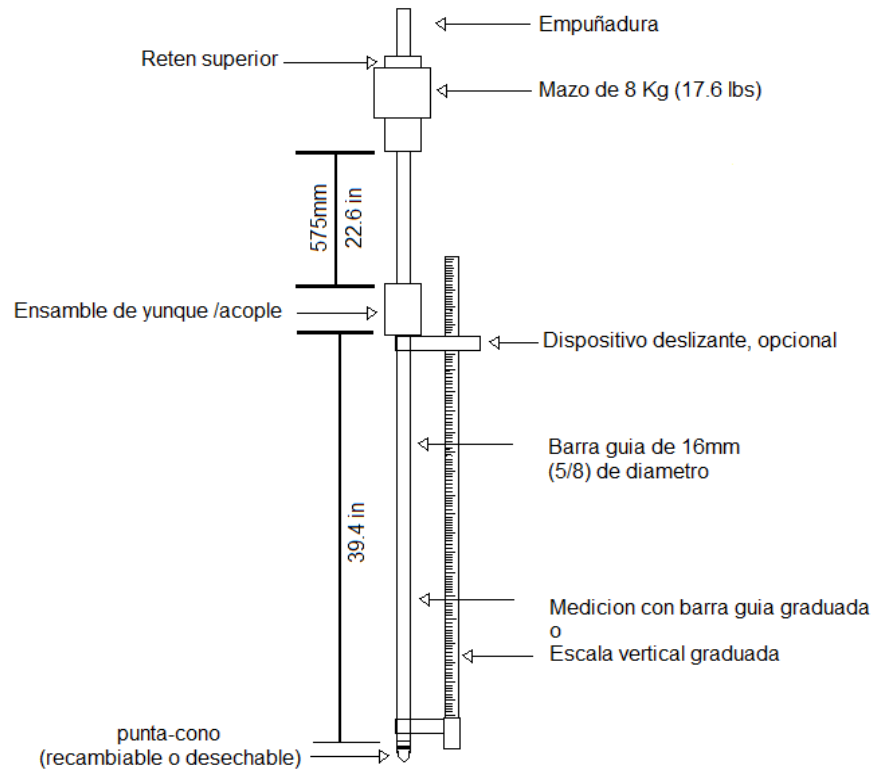
---

<sup>i</sup> Norma publicada bajo la designación D6951 de la ASTM; el número subsiguiente indica el año en que se da la aceptación original.



- Comparador adicional de penetración. Se trata de un dispositivo adicional que se usa para leer la profundidad penetrada por la punta del DCP.

**Figura I.7:** Esquema de DCP



**Fuente:** CIGEO-UNAN. (ca2,009). *Método de diseño estándar para el uso de penetrometro dinámico de cono.*

### Significado y uso.

Se usa para evaluar la resistencia en el sitio de suelos inalterados y/o compactados. La razón de penetración del DCP de 8 Kg puede ser usada para estimar el CBR in situ (Razón de Soporte de California), para identificar espesores de capas, la resistencia al corte de estratos de suelo y otras características de los materiales.

El DCP de 8 Kg se posiciona verticalmente y por esa razón es usado comúnmente en estructuras constructivas horizontales, tales como pavimentos y losas de pisos.

Se usa comúnmente para evaluar las propiedades de materiales ubicados hasta 1,000mm (39") por debajo de la superficie. La profundidad de penetración puede ser aumentada usando extensiones de barras.

El DCP de 8 Kg puede ser usado para estimar los parámetros de soporte de suelos finos y gruesos, materiales granulares de construcción y estabilizaciones pobres.

El DCP de 8 Kg no puede ser utilizado en materiales altamente estabilizados o cementados o para materiales granulares que contengan un alto porcentaje de agregados mayores que 50 mm (2").

En el caso de materiales ubicados por debajo de capas de materiales altamente estabilizados, el DCP de 8 Kg puede ser utilizado luego de perforar o cortar un orificio de acceso, en la losa o carpeta.

La medición del DCP en el campo, conduce a una estimación del CBR in situ y normalmente los resultados no establecen una correlación directa con el dato de CBR del laboratorio, en condición saturada. Este ensayo es por lo tanto indicado para evaluar la resistencia de los materiales en el sitio, bajo las condiciones existentes.

## **Equipo**

El DCP de 8 Kg, consiste de los siguientes componentes: una barra de acero de 15.8 mm (5/8plg) de diámetro, con una punta cono recambiable o desechable, un mazo de 8 Kg (17.6 Lbs.), la punta cono tiene un ángulo de 60 grados y un diámetro en la base de 20mm (0.79 pl.), por norma general el aparato se construye de acero inoxidable, con excepción de la punta cono recambiable.

**Tabla 1.8:** Correlación tabular entre el CBR y el índice DCP

Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %
<3	100	39	4.8	69 -71	2.5
3	80	40	4.7	72 -74	2.4
4	60	41	4.6	75 -77	2.3
2	50	42	4.4	78 -80	2.2
6	40	43	4.3	81 -83	2.1
7	35	44	4.2	84 -87	2
8	30	45	4.1	88 -91	1.9
9	25	46	4	92 -96	1.8
10 11	20	47	3.9	97 -101	1.7
12	18	48	3.8	102 -107	1.6
13	16	49 -50	3.7	108 -114	1.5
14	15	51	3.6	115 -121	1.4
15	14	52	3.5	122 -130	1.3
16	13	53 -54	3.4	131 -140	1.2
17	12	55	3.3	141 -152	1.1
18 - 19	11	56 -57	3.2	153 -166	1
20 -21	10	58	3.1	166 -183	0.9
22 -23	9	59 -60	3	184 -205	0.8
24 -26	8	61 -62	2.9	206 -233	0.7
27 -29	7	63 -64	2.8	234 -271	0.6
30 -34	6	65 -66	2.7	272 -324	0.5
35 -38	5	67 -68	2.6	>324	<0.5

**Fuente:** Norma publicada bajo la designación D6951 de la ASTM

### 1.2.7 Clasificación De Las Muestras De Suelo.

Calle “punto 1”

Sm – 1.1 (0.00 – 0.15 m)

1.- %QP

#10	#40	#200
54	21	4

%QP#200 = 4 < 35, suelo granular;

2.- Porcentaje de humedad (w)

$$w = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

IP = LL – LPI = 0

Índice de Grupo **IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd**

a = 4-35 = -31 → 0      c = 0

b = 4-15 = -15 → 0      d = 0 → IG = 0.

Clasifica como **A – 3(0)**.

Arenas finas.

Considerada como excelente para sub-rasante.

Sm – 1.2 (0.15 – 0.60 m)

1.-%QP#200 = 2 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

a = 2-35 = -33 → 0      c = 0

b = 2 -15 = -13 → 0      d = 0 → IG = 0.

3.-Clasifica como **A – 3 (0)**.

Arenas finas.

Se considera como excelente para sub-rasante.

**Sm – 1.3 (0.60 – 0.92 m)**

1.-%QP#200 = 4 < 35, suelo granular; IP = 11.48%

2.- límite líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(32.052 - 11.197) - (25.546 - 11.197)}{(25.546 - 11.197)} \times 100 \therefore w = 45.34$$

Para N= 26 golpes

$$LL = w.F = 45.34 \times 1.0048 = 45.56$$

3.-Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(23.522 - 11.166) - (20.381 - 11.166)}{(20.381 - 11.166)} \times 100 \therefore LP = 34.08$$

4.-Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 45.56 - 34.08 \therefore IP = 11.48$$

5.-Índice de Grupo

$$a = 4 - 35 = -31 \rightarrow 0$$

$$c = 45.56 - 40 = 5.56$$

$$b = 4 - 15 = -11 \rightarrow 0$$

$$d = 11.48 - 10 = 1.48 \rightarrow$$

$$IG = 0.$$

6.-Clasifica como **A – 2 – 7 (0).**

Arenas, gravas con finos de alta plasticidad.

Considerada como buena para sub-rasante.

**Sm – 1.4 (0.92 – 1.25 m)**

1.-%QP

#10	#40	#200
58	17	3

%QP#200 = 3 < 35, suelo granular;

## 2.-Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(34.025 - 11.262) - (27.015 - 11.262)}{(27.015 - 11.262)} \times 100 \therefore w = 44.50$$

$$LL = w.F = 44.50 \times 1.0138 = 45.11$$

## 3.-Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(20.007 - 11.043) - (17.535 - 11.043)}{(17.535 - 11.043)} \times 100 \therefore LP = 38.08$$

## 4.-Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 45.11 - 38.08 \therefore IP = 7.03$$

## 5.-Índice de Grupo

$$\%Qp\#200 \leq 35$$

$$a \rightarrow 0$$

$$c = LL - 40 = 45.11 - 40 = 5.11$$

$$\%Qpasa\#200 \leq 15$$

$$b \rightarrow 0$$

$$d = IP - 10 = 7.03 - 10 = -3.03 \rightarrow 0$$

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 5.11) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

## 6.-Clasifica como **A - 2-5 (0).**

Arenas gravas con finos de limo elásticos.

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

## Sm - 1.5 (1.25 - 1.35 m)

### 1.- %QP

#10	#40	#200
73	27	6

$$\%QP\#200 = 6 < 35, \text{ suelo granular};$$

### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(34.126 - 11.35) - (28.089 - 11.35)}{(28.089 - 11.35)} \times 100 \therefore w = 36.08$$

Para N= 26 golpes

$$LL = w.F = 36.08 \times 1.0048 = 36.26$$

### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(24.05 - 11.23) - (20.775 - 11.23)}{(20.775 - 11.23)} \times 100 \therefore LP = 34.31$$

### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 36.26 - 34.31 \therefore IP = 1.95$$

### 5.-Índice de Grupo

$$\%Qp\#200 \leq 35$$

$$a = 6 - 35 = -39 \rightarrow 0$$

$$c = LL - 40 = 36.26 - 40 = -3.74 \rightarrow 0$$

$$\%Qpasa\#200 \leq 15$$

$$b = 6 - 15 = -9 \rightarrow 0$$

$$d = Ip - 10 = 1.95 - 10 = -8.05 \rightarrow 0$$

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 0) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

### 6.-Clasifica como A - 2- 4(0)

Arena grava con finos de limo elásticos.

Se considera excelente a buena para sub-rasante

**Sm - 1.6 (1.35 - 1.40 m)**

1.- %QP

#10	#40	#200
71	25	5

$$\%QP\#200 = 5 < 35, \text{ suelo granular};$$

### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(35.042 - 11.204) - (29.270 - 11.204)}{(29.270 - 11.204)} \times 100 \therefore w = 31.95$$

Para N =29 golpes

$$LL = w.F = 31.95 \times 1.0182 = 32.53$$

### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(25.48 - 11.192) - (22.261 - 11.192)}{(22.261 - 11.192)} \times 100 \therefore LP = 29.08$$

### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 32.53 - 29.08 \therefore IP = 3.45$$

### 5.-Índice de Grupo

%Qp#200≤35	%Qpasa#200≤15
a=0	b=0
LL≤40	lp≤10
c=0	d=0

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 0) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

### 6.-Clasifica como **A-2-4 (0)**.

Arenas gravas con finos de limo elásticos.

Se considera excelente a buena sub-rasante.

### Sm- 1.7 (1.40 – 1.56 m)

#### 1.- %QP

#10	#40	#200
91	54	16

$$\%QP\#200 = 16 < 35, \text{ suelo granular};$$

#### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(35.951 - 11.117) - (28.781 - 11.117)}{(28.781 - 11.117)} \times 100 \therefore w = 40.59$$

Para N =29 golpes

$$LL = w.F = 40.59 \times 1.0182 = 41.33$$

### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(18.392 - 11.228) - (16.554 - 11.228)}{(16.554 - 11.228)} \times 100 \therefore LP = 34.51$$

### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 41.33 - 34.51 \therefore IP = 6.82$$



## 5.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} \%Qp\#200 \leq 35 & \%Qpasa\#200 \leq 15 \\ a=0 & b=16-15=1 \\ c=41.33-40 & Ip \leq 10 \\ c=1.33 & d=0 \end{array}$$

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bxd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 1.33) + 0.01(1 \times 0) \therefore IG = 0$$

## 6.-Clasifica como **A – 2 – 5(0)**

Arenas gravas con finos de limo elásticos. Se considera excelente a buena para sub-rasante.

### Calle “punto 2”

#### Sm – 2.1 (0.00 – 0.30 m)

1.-%QP#200 = 2 < 35, suelo granular; IP = 1.67%.

#### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(30.186 - 11.15) - (26.034 - 11.15)}{(26.034 - 11.15)} \times 100 \therefore w = 27.90$$

Para N =21 golpes

$$LL = w.F = 27.90 \times 0.9792 = 27.32$$

#### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(27.14 - 11.2) - (23.886 - 11.2)}{(16.554 - 11.228)} \times 100 \therefore LP = 34.51$$

#### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 27.32 - 25.65 \therefore IP = 1.67$$

## 5.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 2 - 35 = -33=0 & c = 27.32-40=-12.68=0 \\ b = 2- 15 = -13=0 & d = 1.67-10=-8.33=0 \rightarrow IG = 0 \end{array}$$

## 6.-Clasifica como **A – 2 - 4 (0)**.

Arenas gravosa con finos de limo de baja plasticidad.

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

### Sm – 2.2 (0.30 – 1.0)

1.-%QP#200 = 0 < 35, suelo granular; IP =0

2.-Índice de Grupo

a = 0                      c = 0

b = 0                      d =0

→ IG =0

3.-Clasifica como **A – 3(0)** arenas finas

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

### Sm – 2.3 (1.0 – 1.30 m)

1.- %QP

#10	#40	#200
59	16	0

%QP#200 = 0 < 35, suelo granular;

2.- Límite Líquido

$$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(24.732 - 11.219) - (20.258 - 11.219)}{(20.258 - 11.219)} \times 100 \therefore w = 49.50$$

$$LL = w \cdot F = 49.50 \times 0.9951 = 49.25$$

3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(18.625 - 11.206) - (16.826 - 11.206)}{(16.826 - 11.206)} \times 100 \therefore LP = 32.01$$

4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 49.25 - 32.01 \therefore IP = 17.24$$

5.-Índice de Grupo

%Qp#200≤35

a=0

c=49.25-40

c=9.25

%Qpasa#200≤15

b=0

d=17.24-10

d=7.24

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bxd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 9.25) + 0.01(0 \times 7.24) \therefore IG = 0$$

6.-Clasifica como **A – 2 – 7(0)**.

Arenas, gravas con finos de alta plasticidad.

Considerada excelente a buena para sub-rasante.

### Punto 3

**Sm – 3.1 (0.00 – 0.10 m)**

1.-%QP#200 = 4 < 35, suelo granular; IP = NP.

2.-Índice de grupo

$$\rightarrow \underline{IG = 0}$$

3.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 3 (0)**.

Arenas finas de nula plasticidad.

Se considera como excelente para sub-rasante.

**Sm – 3.2 (0.10 – 1.20)**

1.- %QP

#10	#40	#200
81	33	8

%QP#200 = 8 < 35, suelo granular;

2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(30.078 - 11.101) - (25.692 - 11.101)}{(25.692 - 11.101)} \times 100 \therefore w = 30.06$$

Para N =23 golpes

$$LL = w.F = 30.06 \times 0.9900 = 29.76$$

3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(29.758 - 11.116) - (26.016 - 11.116)}{(26.016 - 11.116)} \times 100 \therefore LP = 25.11$$

4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 29.76 - 25.11 \therefore IP = 4.65$$

## 5.-Índice de Grupo

$$\%Q_{p\#200} \leq 35 \quad \%Q_{pasa\#200} \leq 15$$

$$a=0$$

$$b=0$$

$$LL \leq 40$$

$$Ip \leq 10$$

$$c=0$$

$$d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.005(0 \times 0) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

6.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como excelente a buena para sub-rasante.

## Sm – 3.3 (1.20 – 1.95 m)

1.-%QP#200 = 0 < 35, suelo granular; IP =NP

2.-Índice de Grupo

$$\rightarrow IG = 0$$

3.-Clasifica como **A – 3(0)**

.Arenas finas de nula plasticidad.

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

## Sm – 3.4 (1.95 – 2.15)

1.- %QP

#10	#40	#200
91	53	6

%QP#200 = 6 < 35, suelo granular;

2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(30.181 - 11.316) - (26.337 - 11.316)}{(26.337 - 11.316)} \times 100 \therefore w = 25.59$$

Para N=22 golpes

$$LL = w.F = 25.59 \times 0.9847 = 25.20$$

3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(19.907 - 11.295) - (18.353 - 11.295)}{(18.353 - 11.295)} \times 100 \therefore LP = 22.02$$

#### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 25.20 - 22.02 \therefore IP = 3.18$$

#### 5.-Índice de Grupo

$$\%Qp\#200 \leq 35 \quad \%Qpasa\#200 \leq 15$$

$$a=0$$

$$b=0$$

$$LL \leq 40$$

$$lp \leq 10$$

$$c=0$$

$$d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 0) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

#### 6.-Clasifica como **A - 2 - 4 (0)**.

Arena gravosa con finos de limos de baja plasticidad.

Considerada como excelente para sub-rasante.

#### Punto 4

#### Sm – 4.1 (0.0 – 0.07 m)

##### 1.- %QP

#10	#40	#200
82	58	21

$$\%QP\#200 = 21 < 35, \text{ suelo granular};$$

##### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(21.200 - 11.262) - (18.201 - 11.262)}{(18.201 - 11.262)} \times 100 \therefore w = 43.22$$

Para N=20 golpes

$$LL = w.F = 43.22 \times 0.9734 = 42.07$$

##### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(12.897 - 11.043) - (12.433 - 11.043)}{(12.433 - 11.043)} \times 100 \therefore LP = 33.38$$

#### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 42.07 - 33.38 \therefore IP = 8.69$$

### 5.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} \%Qp\#200 &\leq 35 & b &= 21-15 \\ a &= 0 & b &= 6 \\ c &= 42.07-40 & I_p &\leq 10 \\ c &= 2.07 & d &= 0 \end{aligned}$$

$$IG = 0.2a + 0.05(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.05(0 \times 2.07) + 0.01(6 \times 0) \therefore IG = 0$$

### 6.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 2 – 5 (0)**.

Arenas gravosa con finos de limo elásticos

Se considera como excelente para sub-rasante.

### Sm – 4.2 (0.07 – 0.57 m)

#### 1.- %QP

#10	#40	#200
71	30	7

$\%QP\#200 = 7 < 35$ , suelo granular;

#### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(20.984 - 11.398) - (17.471 - 11.398)}{(17.471 - 11.398)} \times 100 \therefore w = 57.85$$

$$LL = w.F = 57.85 \times 0.9734 = 56.31$$

#### 3.- Limite Plástico

$$LP = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(14.311 - 11.035) - (13.250 - 11.035)}{(13.250 - 11.035)} \times 100 \therefore LP = 47.90$$

#### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 56.31 - 47.90 \therefore IP = 8.41$$

### 5.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} \%Qp\#200 &\leq 35 & b &= 21-15 \\ a &= 0 & b &= 6 \\ c &= 56.31-40 & I_p &\leq 10 \\ c &= 16.31 & d &= 0 \end{aligned}$$

$$IG = 0.2a + 0.005(abc) + 0.01(bcd) = 0.2(0) + 0.005(0 \times 16.31) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

**6.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 2 – 5 (0)** .**

Arenas gravosa con finos de limo elásticos

Se considera como excelente para sub-rasante.

**Sm – 4.3 (0.57 – 1.10 m)**

**1.- %QP**

#10	#40	#200
66	30	6

%QP#200 = 6 < 35, suelo granular;

**2.- Límite Líquido**

$$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(24.075 - 11.197) - (19.711 - 11.197)}{(19.711 - 11.197)} \times 100 \therefore w = 51.26$$

$$LL = w.F = 51.26 \times 0.9792 = 50.19$$

**3.- Límite Plástico**

$$LP = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(16.118 - 11.197) - (14.558 - 11.197)}{(14.558 - 11.197)} \times 100 \therefore LP = 46.41$$

**4.- Índice de Plasticidad**

$$IP = LL - LP = 50.19 - 46.41 \therefore IP = 3.78$$

**5.-Índice de Grupo**

%Qp#200≤35	%Qpasa#200≤15
a=0	b=0
c=50.19-40	lp≤10
c=10.19	d=0

$$IG = 0.2a + 0.005(alc) + 0.01(bxd) = 0.2(0) + 0.005(0 \times 10.19) + 0.01(0 \times 0) \therefore IG = 0$$

**6.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 2 – 5 (0)** .**

Arenas gravosa con finos de limo elásticos

Se considera como excelente para sub-rasante.

#### Sm – 4.4 (1.10 – 2.50 m)

##### 1.- %QP

#10	#40	#200
53	24	5

%QP#200 = 5 < 35, suelo granular;

##### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(29.731 - 11.359) - (23.768 - 11.359)}{(23.768 - 11.359)} \times 100 \therefore w = 48.05$$

$$LL = w.F = 48.05 \times 1 = 48.05$$

##### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{(13.612 - 11.23) - (13.072 - 11.23)}{(13.072 - 11.23)} \times 100 \therefore LP = 29.35$$

##### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 48.05 - 29.35 \therefore IP = 18.70$$

##### 5.-Índice de Grupo

%Qp#200≤35	%Qpasa#200≤15
a=0	b=0
c=48.05-40	18.70-10
c=8.05	d=8.70

$$IG = 0.2a + 0.005(abc) + 0.01(bxd) = 0.2(0) + 0.005(0 \times 8.05) + 0.01(0 \times 8.70) \therefore IG = 0$$

**6.-Clasifica como A – 2 - 7 (0).**

Arenas gravas con finos de arcillas.

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

#### Punto 5

#### Sm – 5.1 (0.0– 0.12 m)

##### 1.- %QP

#10	#40	#200
29	16	6

%QP#200 = 6 < 35, suelo granular;



## 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(22.646 - 11.17) - (20.029 - 11.117)}{(20.029 - 11.117)} \times 100 \therefore w = 29.36$$

$$LL = w.F = 29.36 \times 1 = 29.36$$

## 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(15.624 - 11.228) - (14.78 - 11.228)}{(14.78 - 11.228)} \times 100 \therefore LP = 23.76$$

## 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 29.36 - 23.76 \therefore IP = 5.60$$

## 5.-Índice de Grupo

%Qp#200≤35	%Qpasa#200≤15
a=0	b=0
LL≤40	lp≤10
c=0	d=0

## 6.-Clasifica como un suelo del tipo **A - 2 - 4 (0)**.

Arena gravosa con finos de limo de baja plasticidad.

Se considera como excelente para sub-rasante.

## Sm – 5.2 (0.12 – 0.37 m)

1.-%QP#200 = 8 < 35, suelo granular; IP =5.24

## 2.-Índice de Grupo

a = 0	c = 0
b = 0	d = 0

$$\rightarrow \underline{IG = 0}$$

## 3.-Clasifica como **A – 2 – 4(0)**

Arenas gravas con finos de limo de baja plasticidad

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

### Sm – 5.3 (0.37 – 0.65 m)

#### 1.- %QP

#10	#40	#200
72	37	4

%QP#200 = 4 < 35, suelo granular;

#### 2.- Límite Líquido

$$w = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(32.621 - 11.204) - (27.760 - 11.204)}{(27.760 - 11.204)} \times 100 \therefore w = 29.36$$

$$LL = w.F = 29.36 \times 0.9734 = 28.58$$

#### 3.- Límite Plástico

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 = \frac{(13.676 - 11.192) - (13.213 - 11.192)}{(13.213 - 11.192)} \times 100 \therefore LP = 22.91$$

#### 4.- Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 28.58 - 22.91 \therefore IP = 5.67$$

#### 5.-Índice de Grupo

%Qp#200≤35	%Qpasa#200≤15
a=0	b=0
LL≤40	lp≤10
c=0	d=0

#### 6.-Clasifica como **A – 2 -4 (0)**.

Arenas gravas con finos de limo de baja plasticidad

Se considera excelente para sub-rasante.

### Sm – 5.4 (0.65 – 1.50 m)

1.-%QP#200 = 0 →35, suelo granular; IP = NP.

#### 2.-Índice de Grupo

$$IG = 0$$

#### 3.-Clasifica como **A – 3 (0)**.

### Arenas finas

Se considera excelente para sub-rasante.

#### **Sm – 5.5 (1.50 – 2.0)**

1.-%QP#200 = 0 < 35, suelo granular; IP = NP.

2.-Índice de Grupo

$$\underline{IG = 0.}$$

3.-Clasifica como **A – 3(0)**.

Arenas finas de nula plasticidad.

Considerada como buena para sub-rasante.

#### **Sm – 5.6 (2.0 – 2.20)**

1.-%QP#200 = 2 < 35, suelo granular; IP = NP.

2.-Índice de Grupo

$$\underline{IG = 0}$$

3.-Clasifica como **A – 3 (0)**.

Arenas finas de nula plasticidad

Se considera excelente a buena para sub-rasante.

### **Banco de materiales**

1.-%QP#200 = 0 > 35, suelo granular; IP = NP.

2.-Índice de Grupo

$$\underline{IG = 0}$$

3.-Clasifica como **A – 3 (0)**.

Arenas finas de nula plasticidad

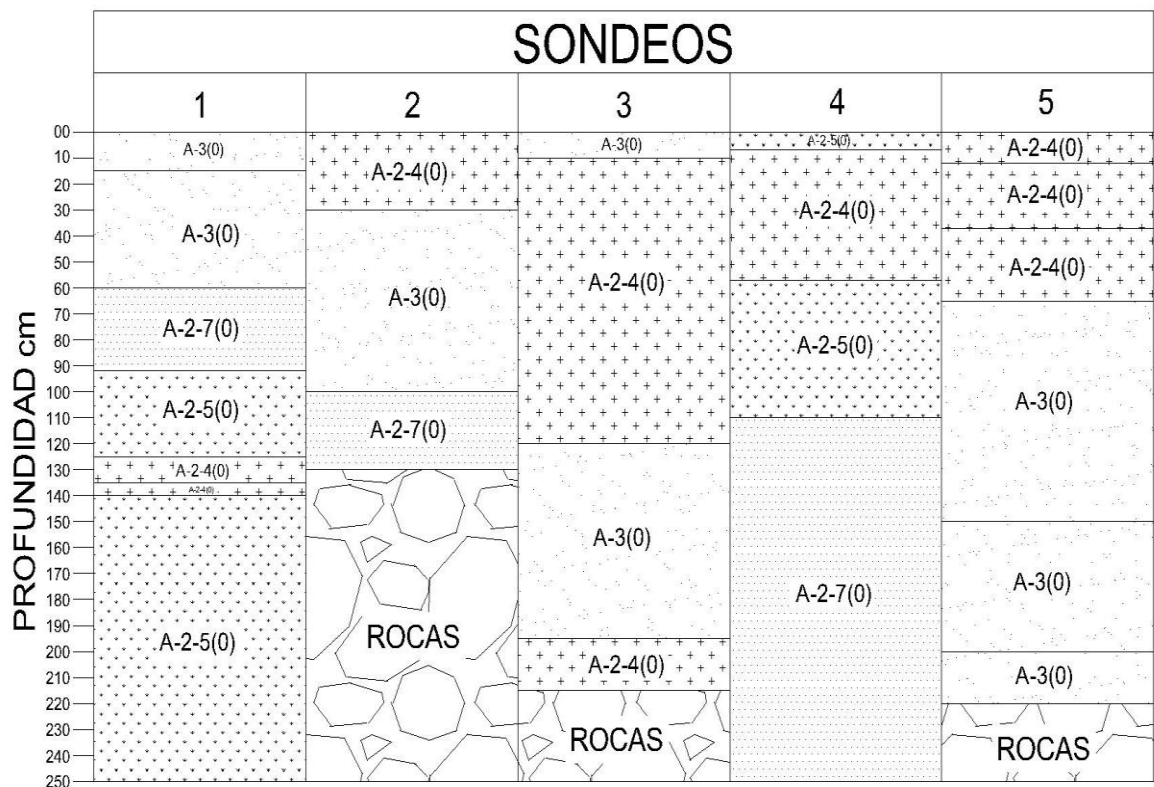
Se considera excelente a buena para sub-rasante.

## 1.2.8 Resultados obtenidos

### a) Resultado de la clasificación de suelo.

Basado en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se procedió a utilizar el método HRB para obras horizontales, lo que permitió identificar el tipo de suelo que contenía cada una de las muestras extraídas de los sondeos manuales, se tomó en cuenta la profundidad de cada una de las muestras de cada sondeo y su estacionamiento, se procedió a graficar la profundidad vs estacionamiento en el perfil longitudinal obteniendo de esta manera el perfil estratigráfico. Este permite visualizar el subsuelo a lo largo del tramo en estudio, lo que nos da la idea de cómo es su comportamiento.

**Figura 1.8: Estratigrafía de las muestras de suelo**



Fuente: Propia

A continuación se presentan el tipo de suelo que predomina en cada tramo de estudio según los resultados obtenidos en cada uno de los sondeos manuales realizados:

**“punto 1”**

En el primer punto en estudio se observa en todos los sondeos manuales que el suelo está constituido por materiales granulares.

En el estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.15 m, se observa arenas finas de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo A-3(0).

En el segundo estrato, a partir de la profundidad de 0.15 m hasta la profundidad de 0.60m, se presenta también arena fina de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo A-3(0).

En el tercer estrato, a partir de la profundidad de 0.60 m hasta la profundidad de 0.92m, se observa un suelo conformado por arenas gravas con finos de alta plasticidad, la cual se clasifica del tipo A-2-7(0).

En el cuarto estrato, a partir de la profundidad de 0.92 m hasta la profundidad de 1.25m, se observa un suelo conformado por arenas gravas con finos de limo elásticos, la cual se clasifica del tipo A-2-5(0).

En el quinto estrato, a partir de la profundidad de 1.25 m hasta la profundidad de 1.35m, se observa un suelo conformado por arenas gravas con finos de limo de baja plasticidad, la cual se clasifica del tipo A-2-4(0).

En el sexto estrato, a partir de la profundidad de 1.35 m hasta la profundidad de 1.40m, se observa un suelo conformado por arenas gravas con finos de limo de baja plasticidad, la cual se clasifica del tipo A-2-4(0).

En el séptimo y último estrato, a partir de la profundidad de 1.40 m hasta la profundidad investigada de 1.56 m, se observa un suelo conformado por arenas gravas con finos de limo elásticos, la cual se clasifica del tipo A-2-5(0).

#### **“punto 2”**

Se observa, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.30 m, que el suelo está constituido de material granular, conformado por arena gravosa con finos de limo de baja plasticidad **A-2-4(0)** y alta plasticidad **A – 2 -7(0)** y también arenas finas **A -3(0)**.

#### **“punto 3”**

En el sondeo manual Sm-1, se presenta desde la superficie hasta la profundidad de 0.10 m, arenas finas de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-3(0)**.

En el segundo estrato a partir de la profundidad de 0.10 hasta la profundidad de 1.20 m se observa un suelo granular constituido por arenas gravas con finos de limo de baja plasticidad y clasifica del tipo **A – 2- 4(0)**.

En el tercer estrato, a partir de la profundidad de 1.20 m hasta la profundidad de 1.95 m, se presenta también arena fina de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-3(0)**.

En el último estrato, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 2.15 m, se sigue caracterizando el suelo por ser granular, clasifica del tipo **A-2-4(0)** calidad como sub-rasante excelente a buena.

#### **“punto 4”**

Se observa en los 4 sondeos manuales desde la superficie hasta los 2.50 m que el suelo es granular, constituido por arenas gravosas con finos de limo: desde el sm-1 al sm-3 el suelo es fino de limo elástico y clasifica como **A - 2- 5(0)** y en el sm-4 es de alta plasticidad clasificando como **A – 2 –7(0)**.

### **“punto 5”**

En este punto de estudio se observa que al igual que en los anteriores puntos investigados el suelo se caracteriza por ser granular; los sondeos manuales 1, 2 y 3 desde la superficie hasta los 0.65 m clasifican como arenas gravas con finos de limo que son arenas finas, calidad como sub-rasante va de excelente a buena.

### **En general**

En general se observa, que en el tramo de carretera en estudio, el suelo es totalmente granular con clasificación que va del A-2 al A-3, esto significa que el suelo está constituido por arena gravosa y arenas finas predominando la arena gravosa con finos de limo de baja plasticidad que clasifica como A-2-4(0), con lo que respecta a la calidad como sub-rasante se puede concluir que en su totalidad va de excelente a buena.

### **❖ Bancos de materiales.**

Esta fuente “Quebrada Honda” está conformada por arenas finas. La AASHTO clasifica este material del tipo **A-3** con índice de grupo cero y es de nula plasticidad. Calidad como sub-rasante va de excelente a buena. Se obtuvo un CBR en el laboratorio del 35%, este banco de materiales se localiza en la entrada a la comunidad “palo de pan” a 6 km de la ciudad y a 1 km del proyecto.

Como el CBR del banco de materiales en el análisis de laboratorio dio un 35%, este CBR no es óptimo para base, por lo tanto, se requiere otro banco de materiales que este cerca del sitio del proyecto; el banco de materiales San Antonio en la estación 42+200, a 5 km del proyecto en el empalme del camino a San Gregorio a mano derecha, cuenta con un CBR del 55% para una base buena, entonces se trabajará con este banco.

**Tabla 1.9: Bancos de materiales**

Banco	Ubicación	% que pasa tamiz					LL	IP	Clasificación HRB	CBR %		
		2	4	10	40	200				90	95	100
<b>San Antonio</b>	Est. 42+200 empalme camino a San Gregorio, mano derecha	100	63	43	26	18	—	NP	A-1-b(0)	39	49	55
<b>Quebrada honda</b>	A 1 km del proyecto camino a Palo de pan.	—	61	39	11	—	—	NP	A-3(0)	—	—	35

Fuente: Propia

### b) Resultados del CBR de campo:

Utilizando el método del cono de penetración dinámica DCP se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 1.10: CBR de los sondeos realizados**

#### Punto 1

Cant. de Golpes (A)	Cant. Golpes acumulados	Profun (m)	Penetración Acum. (mm) (B)	Penetración entre Lecturas(mm) (C)	Penetración Por golpe (D)	Factor Mazo (E)	Indice DCP (mm/golpes) (F)	CBR % (G)
70	70	0-0.20	200	200	3	1	3	80
85	155	0.20-0.40	400	200	2	1	2	100

#### Punto 2

Cant. de Golpes (A)	Cant. Golpes acumulados	Profun (m)	Penetración Acum. (mm) (B)	Penetración entre Lecturas(mm) (C)	Penetración Por golpe (D)	Factor Mazo (E)	Indice DCP (mm/golpes) (F)	CBR % (G)
115	115	0-0.20	200	200	2	1	2	100
200	315	0.20-0.32	320	120	1	1	1	100

#### Punto 3

Cant. de Golpes (A)	Cant. Golpes acumulados	Profun (m)	Penetración Acum. (mm) (B)	Penetración entre Lecturas(mm) (C)	Penetración Por golpe (D)	Factor Mazo (E)	Indice DCP (mm/golpes) (F)	CBR % (G)
70	70	0-0.20	200	200	3	1	3	80
69	139	0.20-0.40	400	200	3	1	3	80
84	223	0.40-0.60	600	200	2	1	2	100
39	262	0.60-0.80	800	200	5	1	5	50
23	285	0.80-1.00	1000	200	9	1	9	25
31	316	1.00-1.20	1200	200	6	1	6	40
86	402	1.20-1.40	1400	200	2	1	2	100
20	422	1.40-1.43	1430	30	2	1	2	100



#### Punto 4

Cant. de Golpes (A)	Cant. Golpes acumulados	Profun (m)	Penetración Acum. (mm) (B)	Penetración entre Lecturas(mm) (C)	Penetración Por golpe (D)	Factor Mazo (E)	Indice DCP (mm/golpes) (F)	CBR % (G)
46	46	0-0.20	200	200	4	1	4	60
40	86	0.20-0.40	400	200	5	1	5	50
25	111	0.40-0.60	600	200	8	1	8	30
16	127	0.60-0.80	800	200	12	1	12	18
30	157	0.80-1.00	1000	200	7	1	7	35
25	182	1.00-1.20	1200	200	8	1	8	30
28	210	1.20-1.40	1400	200	7	1	7	35
45	255	1.40-1.60	1600	200	4	1	4	60
38	293	1.60-1.80	1800	200	5	1	5	50
34	327	1.80-2.00	2000	200	6	1	6	40
44	371	2.00-2.20	2200	200	4	1	4	60
45	416	2.20-2.40	2400	200	4	1	4	60
54	470	2.40-2.60	2600	200	4	1	4	60
54	524	2.60-2.80	2800	200	4	1	4	60
132	656	2.80-3.00	3000	200	2	1	2	100

#### Punto 5

Cant. de Golpes (A)	Cant. Golpes acumulados	Profun (m)	Penetración Acum. (mm) (B)	Penetración entre Lecturas(mm) (C)	Penetración Por golpe (D)	Factor Mazo (E)	Indice DCP (mm/golpes) (F)	CBR % (G)
117	117	0-0.20	200	200	2	1	2	100
140	257	0.20-0.26	260	60	0	1	0	100

Fuente: Propia

### Simbología de la tabla

A= Cantidad de golpes del mazo entre las lecturas de ensayo.

B= Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo.

C= Diferencia de la penetración acumulada (nota de pie B) entre lecturas.

D= Nota de pie C dividida entre nota de pie A.

E= Anote 1 para el mazo de 8 kg y 2 para el mazo de 4.6 kg.

F= Nota de pie D por nota de pie E.

G= De la correlación entre CBR y el índice de DCP.

H= Contenido de humedad cuando se disponga de este valor.

Según el perfil del terreno y ya estando trazada la rasante, entonces podemos encontrar el CBR de diseño. Esto se realiza de la siguiente manera: si la rasante está por encima del terreno natural se tomará el CBR en ese punto con profundidad 0 y si está por debajo se tomará el CBR de esa profundidad.

**Tabla 1.11:** CBR de diseño

<b>Punto</b>	<b>Estación</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>CBR %</b>
1	0 +000	0	80
2	0 + 250	0 – 0.20	100
3	0 + 500	1.43 – 2.47	100
4	0 + 750	0.20 – 0.40	50
5	1 + 000	0	100

**Fuente:** Propia

### 1.3 ESTUDIOS HIDROLOGICOS

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. Para efecto de estudio hidrológico se ha dividido según el tamaño en: método para cuencas menores y cuencas medianas<sup>i</sup>

**Cuenca:** Se define como cuenca hidrológica a la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto en común. La medición de la cuenca se determina con planos topográficos o preferiblemente planos geodésicos está delimitada por una línea imaginaria llamada parte aguas, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes.

Como normas prácticas generales para el trazado de divisorias topográficas, se tiene lo siguiente:

1. La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
2. Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
3. Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
4. Como comprobación la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arrollo o vaguada excepto en el punto en el que se quiere obtener su divisoria.

Es conveniente definir lo que es duración e intensidad, ya que no es la cantidad total de agua que cae sobre una zona lo que interesa en el diseño de drenaje.

---

<sup>i</sup> *Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales.* (2,004).

La estructura de drenaje se diseñan para conducir las máximas descargas que se producen y estas son un resultado de la relación duración – intensidad de las lluvias.

Los métodos que se utilizan para el cálculo del caudal son:

- Método Probabilística.
- Hidrograma Unitario.
- Método racional.
- Envolvente.
- Método empírico.

Se considera que el Método racional es confiable en cuencas pequeñas, menores de 1,000 acres. Para cuencas de aportación mayores a los 1,000 acres se utiliza el método del Hidrograma Unitario. El que se utilizará en este trabajo es el método racional ya que el área no supera ni los 10 acres (4.04 Ha).<sup>i</sup>

### **1.3.1 Método racional**

El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña, es el método racional, presentado por Emil Kuichling en 1,889 y mejorado posteriormente por otros.

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración ( $T_c$ ).

---

<sup>i</sup> *Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales.* (2,004), pág. 5.

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{CIA}{360} \quad (1.13)$$

Siendo: Q: caudal de diseño en m³/s

I: intensidad de la lluvia en mm/hora para una duración igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ).

A: área de drenaje de la sub cuenca, en Ha.

C : coeficiente de escorrentía, adimensional.

**Coeficiente de escorrentía (C):** El escurrimiento superficial viene a ser el caudal o exceso de precipitación y se expresa como un porcentaje del agua de precipitación.

**Tabla 1.12:** Coeficiente de escorrentía para las diferentes tipos de cuencas

Definición	Tipo de cuenca	Coeficiente escorrentía
Negocio	Áreas concentradas	0.70 - 0.95
	Áreas de vecindario	0.50 - 0.70
Residencial	Unifamiliares	0.30 - 0.50
	Multifamiliares, separadas	0.40 - 0.60
	Multifamiliares contiguas	0.60 - 0.75
	Suburbanas	0.25 - 0.40
	Apartamentos de viviendas	0.50 - 0.70
Industrial	Liviana	0.50 - 0.80
	Pesada	0.60 - 0.90
	Parques, cementerios	0.10 - 0.25
	Área de juegos	0.20 - 0.35
	Patios de ferrocarril	0.20 - 0.40
	Áreas vírgenes	0.10 - 0.30
Calles	Asfaltadas	0.70 - 0.95
	Concreto	0.80 - 0.95
	Ladrillo de concreto	0.70 - 0.85
	Senderos y veredas	0.75 - 0.58
Techos		0.75 - 0.95
Gramas	Suelo arenoso, plano 2%	0.05 - 0.10
	Suelo arenoso, promedio 2-7%	0.10 - 0.15
	Suelo arenoso fuerte 7%	0.15 - 0.20
	Suelo denso, plano 2%	0.13 - 0.17
	Suelo denso promedio 2-7%	0.18 - 0.22
	Suelo denso, fuerte 7%	0.25 - 0.35

**Fuente:** Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales (2,004).

El coeficiente fraccionario por el cual se multiplica el aporte total de lluvia para obtener el escurrimiento se denomina coeficiente de escorrentía y está afectado por las condiciones mismas del área de recogimiento para una cuenca de área conocida, con un curso de agua superficial aforadas constantemente.

Se puede determinar el coeficiente de escorrentía si se tienen datos de las lluvias caídas sobre esa cuenca. En otros casos, se podrán utilizar el coeficiente tabulado tales como los que se indican en la tabla 1.10 o en la tabla A – 14 de los anexos.

### **1.3.2 Intensidad de lluvia**

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca.

Los valores intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que ajustan a dichas curvas calculadas por ese mismo instituto.

El ajuste de los datos por medio de los mínimos cuadrados resulta en una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad:

$$I = \frac{A}{(T_c + d)^b} \quad (1.14)$$

Donde:

$I$ : intensidad en mm/hora.

$A$ ,  $d$  y  $b$ : coeficientes determinados

$T_c$ : Tiempo de concentración

En anexo tabla A – 17 se muestran las ecuaciones y las curvas de las estaciones meteorológicas (IDFs) de las regiones, elaboradas por el INETER y las ecuaciones de las IDFs sintéticas elaboradas para La Guía.

El Tiempo de Concentración TC puede calcularse usando fórmula de B. W. Taylor y Argüello.

$$TC = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (1.15)$$

Donde:

S: pendiente

L: longitud del tramo en estudio (m)

En las cuencas muy pequeñas en donde los valores de  $T_c$  sean menores a 5 minutos, se debe tomar este valor como mínimo.

### 1.3.3 Cálculos

Una vez establecido el procedimiento, se prosigue a realizar los cálculos en sus respectivas estaciones iniciales y finales para obtener los caudales de diseño y tomar el de mayor valor, en su respectiva estación.

**Tabla 1.13:** Longitud y área de los tramos

Tramo	Est Inicial	Est final	L(m)	S	A(Ha)
1	0 + 000	0 + 120	120	0.0192	1.145
2	0 + 120	0 + 340	220	0.0054	1.442
3	0 + 340	0 + 540	200	0.0065	1.196
4	0 + 540	0 + 747.726	200.726	0.0207	1.202
5	0 + 747.726	0 + 900.511	152.785	0.0110	0.918
6	0 + 900.511	1 + 000	99.485	0.0064	0.625

Fuente: Propia

## 1. Tiempo de concentración

Utilizando la ecuación 1.15 tenemos que:

$$TC_1 = \frac{0.01947 * (120)^{0.77}}{(0.0192)^{0.385}} = 3.558 \text{ min}$$

Como el Tc mínimo es de 5 min entonces  $TC_1 = 5 \text{ min}$

$$TC_2 = \frac{0.01947 * (220)^{0.77}}{(0.0054)^{0.385}} = 9.248 \text{ min}$$

$$TC_3 = \frac{0.01947 * (200)^{0.77}}{(0.0065)^{0.385}} = 8.002 \text{ min}$$

$$TC_4 = \frac{0.01947 * (200.726)^{0.77}}{(0.0207)^{0.385}} = 5.137 \text{ min}$$

$$TC_5 = \frac{0.01947 * (152.785)^{0.77}}{(0.0110)^{0.385}} = 5.311 \text{ min}$$

$$TC_6 = \frac{0.01947 * (99.485)^{0.77}}{(0.0064)^{0.385}} = 4.702 \text{ min}$$

Como el Tc mínimo es de 5 min entonces  $TC_6 = 5 \text{ min}$

## 2. Intensidad de lluvia

Utilizando la ecuación 1.14 tenemos que:

$$I_1 = \frac{1592.108}{(5 + 16)^{0.751}} = 161.803 \text{ mm/h}$$

$$I_2 = \frac{1592.108}{(9.248 + 16)^{0.751}} = 140.896 \text{ mm/h}$$



$$I_3 = \frac{1592.108}{(8.002 + 16)^{0.751}} = 146.355 \text{ mm/h}$$

$$I_4 = \frac{1592.108}{(5.137 + 16)^{0.751}} = 161.014 \text{ mm/h}$$

$$I_5 = \frac{1592.108}{(5.311 + 16)^{0.751}} = 160.026 \text{ mm/h}$$

$$I_6 = \frac{1592.108}{(5 + 16)^{0.751}} = 161.803 \text{ mm/h}$$

### 3. Caudal de diseño

Utilizando el método racional se tiene que el caudal de diseño es:

$$Q_D = \frac{CIA}{360}$$

Por lo tanto

$$Q_{D_1} = \frac{0.77(161.803)(1.145)}{2(360)} = 0.180 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{D_2} = \frac{0.77(140.896)(1.442)}{2(360)} = 0.198 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{D_3} = \frac{0.77(146.355)(1.196)}{2(360)} = 0.170 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{D_4} = \frac{0.77(161.014)(1.202)}{2(360)} = 0.188 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{D_5} = \frac{0.77(160.026)(0.918)}{2(360)} = 0.143 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{D_6} = \frac{0.77(161.803)(0.625)}{2(360)} = 0.098 \text{ m}^3/\text{s}$$

En la tabla 1.14 se muestran el resumen de los cálculos obtenidos a partir del estudio Hidrológico.

**Tabla 1.14:** Resultados del estudio hidrológico.

Tramo	Estación Inicial	Estación Final	L(m)	S	TC (min)	I (mm/h)	A(Ha)	Qd(m³/s)
1	0+000	0+120	120	0.0192	5.000	161.803	1.145	0.180
2	0+120	0+340	220	0.0054	9.248	140.896	1.442	0.198
3	0+340	0+540	200	0.0065	8.002	146.355	1.196	0.170
4	0+540	0+747.726	200.726	0.0207	5.137	161.014	1.202	0.188
5	0+747.726	0+900.511	152.785	0.0110	5.311	160.026	0.918	0.143
6	0+900.511	1+000	99.485	0.0064	5.000	161.803	0.625	0.098

**Fuente:** Propia

## **1.4 ESTUDIOS DE TRÁNSITO**

El estudio de tránsito es fundamental para el diseño de un pavimento ya que sin el no se podría analizar las cargas que generan los vehículos al pasar por la carretera y como consecuencia no fuese posible la determinación de los espesores requeridos. Por lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El tipo de tránsito.
- La carga máxima por rueda.
- La intensidad media anual de lluvia.

### **Metodología de estudio**

Con lo que respecta al tránsito se utilizó el aforo de los vehículos livianos y pesados de la calle de estudio, luego se calculó el tránsito promedio diario TPD de las dos clasificaciones: con 320 veh/día para vehículos livianos y 10 veh/día para vehículos pesados.

Con esta información se decidió proyectar el TPD a un TPDA para ser aplicado en el diseño, para ello se necesitó de una tasa de crecimiento con valores de tráfico de una estación cercana a la zona del proyecto “Estación #203 cuatro esquinas-Diriamba”, también fue necesario conocer el factor de proyección que es calculado de la relación entre el tráfico actual y el tráfico futuro, para los cálculos se tomó como referencia el anuario de aforo que proporciona el MTI.

#### **1.4.1 Tipos de Tránsito.**

El tránsito se divide en tres categorías:

**Tránsito liviano:** Cuando el número de vehículos comerciales por día fuera igual o inferior a 250, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

**Tránsito medio:** Cuando el número de vehículos comerciales por día estuviere comprendido entre 250 - 750, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

**Tránsito pesado:** Cuando el número de vehículos comerciales excediere de 750 o cuando hubiera más de 250 camiones por día, con carga por rueda igual a la máxima.

#### **Carga máxima de 4 toneladas**

Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)

Tránsito medio: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)

Tránsito pesado: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

#### **Carga máxima de 5 toneladas**

Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)

Tránsito medio: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

Tránsito pesado: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

#### **Carga máxima de 6 toneladas**

Tránsito liviano: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

Tránsito medio: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

Tránsito pesado: I.S. mínimo de 45 (CBR mínimo de 70)

### **1.4.2 Volumen de Tránsito**

Se define como el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o de una calzada, durante un período determinado de tiempo.

Se expresa como<sup>i</sup>:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1.16)$$

Donde:

**Q:** Vehículos que pasan por unidad de tiempo (Vehículos/periodo)

**N:** Número total de vehículos que pasan.

**T:** Período determinado.

En dependencia de la duración del tiempo se tienen los siguientes volúmenes de tránsito:

1. Volumen horario veh/hr.
2. Volumen diario veh/día.
3. Volumen semanal veh/sem.
4. Volumen anual veh/año.

### **Volúmenes horarios.**

El volumen horario medido en un punto de una calzada, representa la demanda del tránsito allí y corresponde a la capacidad de la vía que se toma la oferta vial.

Los volúmenes horarios se usan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito.

### **Variación de los volúmenes de tránsito.**

Es fundamental en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los meses del año, etc. Dicha variación se analiza en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y composición.

---

<sup>i</sup> Cal y Mayor.(2,011). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones.* pag.6

### **Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.**

Es importante conocer la variación del volumen del tránsito dentro de las horas pico y cuantificar la duración de los flujos máximos ( $q_{\max}$ ), para así realizar la planeación de los controles de tránsito para estos períodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, disposición de los tiempos de los semáforos. Para la hora de máxima demanda se llama Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD) factor de hora pico<sup>i</sup>.

### **Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)**

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * q_{\max}} \quad (1.17)$$

Donde:

N: Número de períodos durante la hora de máxima demanda (HMD)

$q_{\max}$ : Flujo máximo (número de vehículos)

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia.

El factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * q_{\max}} \text{ Para períodos de 15 minutos}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{12 * q_{\max}} \text{ Para períodos de 5 minutos}$$

El FHMD es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica como están distribuidos los flujos máximos durante la Hora Pico. Su mayor valor es la unidad ( $FHMD=1$ ), lo que significa que hay una distribución uniforme durante la hora. Valores bastantes menores a la unidad indican concentraciones de flujo máximos en períodos cortos dentro de la hora.

---

<sup>i</sup>Leclair, Raúl. (2,001). *Manual C.A. de normas para el diseño geométrico de carreteras. capítulo.2, pag.7*

## **Unidades de tránsito**

Las unidades del tránsito son los vehículos de toda clase: automóviles, buses, camiones, bicicletas, motocicletas, etc. y los peatones. Pero con el objetivo de simplificar la nomenclatura se entenderá que “VOLUMEN” se refiere únicamente a vehículos.

En la Tabla A - 12 de anexos se presenta los diferentes tipos de Vehículos que son clasificados por el personal de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos MTI, al momento de realizar estudios en las diferentes estaciones de conteo del país.

**Vehículos de Diseño:** Los vehículos de diseño son los vehículos predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por la carretera. En el tramo de carretera en estudio circulan en mayor proporción los vehículos livianos, pero también circulan los vehículos tipo C2 que son vehículos de carga que también son considerados para el diseño.

**Distribución direccional de las corrientes de tránsito:** La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.

**Las proyecciones de la demanda del tránsito:** En las carreteras rurales se recomienda adoptar un período de proyección de 10 a 20 años como la base para el diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años, así lo plantea el manual de normas centroamericanas para el diseño de carreteras regionales “SIECA 2,002”.

Los volúmenes de tránsito futuro para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual del incremento del tránsito esperado al final del año del período de diseño. Para el diseño estructural se determina un flujo de tránsito de 1.5 a 2.5 del tránsito actual, este factor de proyección será calculado de la relación del tránsito futuro y el tránsito actual.

### **Tránsito promedio diario (TPD)**

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. Se utiliza en trabajos de planeación.

### **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

Se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto de una carretera en un período de un año.

### **Factores Utilizados en el Cálculo del TPDA**

- a)- Factor Día: El Factor para expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas.
- b)- Factores de Semana: para ajustar el tráfico promedio diario que cubre tres días de la semana al tráfico promedio diario que cubre toda la semana (Lunes a Domingo).
- c)- Factores Estacionales: para ajustar el tráfico promedio diario que cubre una semana específica o periodo del año al TPDA.



### 1.4.3 Tasa de crecimiento<sup>i</sup>

El método más común para la Proyección de Tráfico es la ecuación siguiente:

$$T_c = \left[ \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad (1.18)$$

Donde:

TPDA<sub>i</sub>= Tráfico Promedio Diario Actual.

TPDA<sub>o</sub> = Tráfico Promedio Diario Actual del Año Base.

n= La diferencia de años

### 1.4.4 Tránsito Futuro<sup>ii</sup>

Cuando se hacen estudios para el futuro es preciso elaborar las respectivas proyecciones, el pronóstico del volumen de tránsito futuro, por ejemplo el TPDA del año de proyecto, para el mejoramiento o construcción de una nueva carretera, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino en los incrementos del tránsito que se esperan utilicen la nueva carretera.

Para el cálculo del tránsito futuro se utiliza la siguiente ecuación:

$$TF = Ti(1 + T_c)^n \quad (1.19)$$

Donde:

T<sub>c</sub>: Tasa de crecimiento

T<sub>i</sub>: Tráfico actual

n: Periodo de diseño

---

<sup>i</sup> MTI. (2,009). *Anuario de Aforo de Tráfico*.

<sup>ii</sup> MTI, CORASCO. (2,008). *Manual para la revisión de estudios y diseños de pavimentos*.

### **1.4.5 Aforo**

Es la enumeración de los vehículos que pasa por uno o varios puntos de una vía o vías, clasificándolos de acuerdo con distintos criterios.

#### **Clasificación**

De acuerdo con el criterio, procedimiento y equipo empleado, podemos distinguir los siguientes tipos de aforos:

**Aforos Manuales:** Son a cargo de personas, son útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en las intersecciones, los volúmenes por carril individual y la composición vehicular.

**Aforos Automáticos:** Tradicionalmente se usan contadores mecánicos de ejes de vehículos activados por mangueras neumáticas.

**Aforos fotográficos:** Es una técnica sofisticada con el auxilio de cámaras adaptadas a computadoras.

#### **Tipos de estaciones de conteo para aforar:**

1. **Estaciones Permanentes:** Se realizan aforos dos veces al año durante 24 horas, de esta forma se conoce la intensidad del tráfico durante los períodos de verano e invierno durante el año. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tráfico (estacionales, semanales y diarias) y de la frecuencia de las intensidades horarias a lo largo del año, así como la obtención de las tendencias del tráfico a largo plazo. Actualmente se encuentran sobre la Red Vial 16 Estaciones Permanentes.

2. **Estaciones de Control:** Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. En nuestro país estas estaciones se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que en una estación permanente.
  
3. **Estaciones Sumarias:** En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 a.m. a 6 p.m.) en períodos de tres días, generalmente en todo el transcurso del año y se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno. Se realizan aforos en caminos que no han sido pavimentados, pero que tienen una afluencia vehicular moderada.

A continuación se presentan las tablas de conteo por vehículos livianos y pesados de cada día estudiado:

**Tabla 1.15:** Resultado del aforo realizado el Lunes 11 de octubre de 2,010

<b>AFORO DE TRANSITO VEHICULAR</b>							
<b>Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al instituto de excelencia Académica (IDEA)</b>							
<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Flujo vehicular, lunes 11 de octubre de 2,010</b>					
		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>
<b>De:</b>	<b>A:</b>						
06:00	06:15	3	2	12:00	12:15	26	1
06:15	06:30	7	1	12:15	12:30	19	1
06:30	06:45	6	2	12:30	12:45	8	1
06:45	07:00	9		12:45	13:00	18	
07:00	07:15	10		13:00	13:15	21	
07:15	07:30	12		13:15	13:30	27	
07:30	07:45	16		13:30	13:45	10	
07:45	08:00	21		<b>13:45</b>	<b>14:00</b>	<b>26</b>	
08:00	08:15	19		<b>14:00</b>	<b>14:15</b>	<b>17</b>	
08:15	08:30	23		<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	<b>28</b>	
08:30	08:45	12		<b>14:30</b>	<b>14:45</b>	<b>18</b>	<b>2</b>
08:45	09:00	20		14:45	15:00	11	
09:00	09:15	6		15:00	15:15	9	
09:15	09:30	14	1	15:15	15:30	6	
09:30	09:45	22	2	15:30	15:45	11	
09:45	10:00	18	1	15:45	16:00	9	1
10:00	10:15	18		16:00	16:15	9	
10:15	10:30	12	1	16:15	16:30	9	
10:30	10:45	8	1	16:30	16:45	8	
10:45	11:00	22		16:45	17:00	16	
<b>11:00</b>	<b>11:15</b>	<b>20</b>		17:00	17:15	17	
<b>11:15</b>	<b>11:30</b>	<b>35</b>		17:15	17:30	9	
<b>11:30</b>	<b>11:45</b>	<b>22</b>		17:30	17:45	7	
<b>11:45</b>	<b>12:00</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	17:45	18:00	6	
<b>Σ=</b>		<b>373</b>	<b>12</b>	<b>Σ=</b>		<b>345</b>	<b>6</b>

Fuente: Propia

**Tabla 1.16:** Resultado del aforo realizado el viernes 22 de octubre de 2,010

<b>AFORO DE TRANSITO VEHICULAR</b>							
<b>Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al instituto de excelencia Académica (IDEA)</b>							
<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Flujo vehicular, Viernes 22 de octubre de 2,010</b>					
		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>
<b>De:</b>	<b>A:</b>						
06:00	06:15	5	2	12:00	12:15	8	1
06:15	06:30	5	3	12:15	12:30	19	
06:30	06:45	8		12:30	12:45	17	
06:45	07:00	11		12:45	13:00	25	
07:00	07:15	13		13:00	13:15	18	1
07:15	07:30	17		13:15	13:30	14	1
07:30	07:45	18		13:30	13:45	19	
07:45	08:00	15		13:45	14:00	16	
08:00	08:15	5	1	<b>14:00</b>	<b>14:15</b>	<b>11</b>	
08:15	08:30	6		<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	<b>25</b>	
08:30	08:45	8		<b>14:30</b>	<b>14:45</b>	<b>16</b>	
08:45	09:00	7		<b>14:45</b>	<b>15:00</b>	<b>25</b>	
09:00	09:15	10		15:00	15:15	8	
09:15	09:30	7		15:15	15:30	5	
09:30	09:45	17		15:30	15:45	10	
<b>09:45</b>	<b>10:00</b>	<b>23</b>		15:45	16:00	8	2
<b>10:00</b>	<b>10:15</b>	<b>10</b>		16:00	16:15	4	
<b>10:15</b>	<b>10:30</b>	<b>23</b>		16:15	16:30	5	
<b>10:30</b>	<b>10:45</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	16:30	16:45	11	
10:45	11:00	6		16:45	17:00	14	
11:00	11:15	16		17:00	17:15	17	
11:15	11:30	13		17:15	17:30	10	1
11:30	11:45	19		17:30	17:45	5	1
11:45	12:00	18	3	17:45	18:00	7	
<b>Σ=</b>		<b>291</b>	<b>10</b>	<b>Σ=</b>		<b>317</b>	<b>7</b>

Fuente: Propia

**Tabla 1.17:** Resultado del aforo realizado el sábado 23 de octubre de 2,010

<b>AFORO DE TRANSITO VEHICULAR</b>							
<b>Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al instituto de excelencia Académica (IDEA)</b>							
<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Flujo vehicular, Sábado 23 de octubre de 2,010</b>					
		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>		<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos pesados</b>
<b>De:</b>	<b>A:</b>						
06:00	06:15	6	2	12:00	12:15	11	
06:15	06:30	5	3	12:15	12:30	17	1
06:30	06:45	8	2	12:30	12:45	14	
06:45	07:00	12	1	12:45	13:00	26	
07:00	07:15	6		13:00	13:15	13	
07:15	07:30	14		13:15	13:30	12	
07:30	07:45	15		13:30	13:45	14	
07:45	08:00	11		<b>13:45</b>	<b>14:00</b>	<b>21</b>	
08:00	08:15	8		<b>14:00</b>	<b>14:15</b>	<b>18</b>	
08:15	08:30	5		<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	<b>22</b>	
08:30	08:45	10		<b>14:30</b>	<b>14:45</b>	<b>16</b>	
08:45	09:00	8	2	14:45	15:00	14	3
09:00	09:15	14	1	15:00	15:15	11	4
09:15	09:30	5		15:15	15:30	6	
<b>09:30</b>	<b>09:45</b>	<b>19</b>		15:30	15:45	7	
<b>09:45</b>	<b>10:00</b>	<b>21</b>		15:45	16:00	12	2
<b>10:00</b>	<b>10:15</b>	<b>8</b>		16:00	16:15	8	
<b>10:15</b>	<b>10:30</b>	<b>17</b>		16:15	16:30	13	
10:30	10:45	13		16:30	16:45	9	
10:45	11:00	8		16:45	17:00	10	1
11:00	11:15	14		17:00	17:15	21	
11:15	11:30	11		17:15	17:30	16	
11:30	11:45	20		17:30	17:45	6	
11:45	12:00	17	2	17:45	18:00	4	
<b>Σ=</b>		<b>275</b>	<b>13</b>	<b>Σ=</b>		<b>321</b>	<b>11</b>

Fuente: Propia

En base a la definición de TPD se tiene la siguiente tabla que muestra el TPD de la calle analizada:

**Tabla 1.18:** Tránsito Promedio Diario de vehículos mixtos

INTERVALO	VEHÍCULOS		
	Liviano	Pesado	Mixto
6:00 – 6:15	5	2	12
6:15 – 6:30	6	2	8
6:30 – 6:45	7	1	8
6:45 – 7:00	11	0	11
7:00 – 7:15	10	0	10
7:15 – 7:30	14	0	14
7:30 – 7:45	16	0	16
7:45 – 8:00	16	0	16
8:00 – 8:15	11	0	11
8:15 – 8:30	11	0	11
8:30 – 8:45	10	0	10
8:45 – 9:00	12	1	13
9:00 – 9:15	10	0	10
9:15 – 9:30	9	0	9
9:30 – 9:45	19	1	20
9:45 – 10:00	21	0	21
10:00 – 10:15	12	0	12
10:15 – 10:30	17	0	17
10:30 – 10:45	11	1	12
10:45 – 11:00	12	0	12
11:00 – 11:15	17	0	17
11:15 – 11:30	20	0	20
11:30 – 11:45	20	0	20
11:45 – 12:00	18	2	20
<b>Σ=</b>	<b>315</b>	<b>10</b>	<b>330</b>

INTERVALO	VEHÍCULOS		
	Liviano	Pesado	Mixto
12:00 – 12:15	15	1	16
12:15 – 12:30	18	1	19
12:30 – 12:45	13	0	13
12:45 – 13:00	23	0	23
13:00 – 13:15	17	0	17
13:15 – 13:30	18	0	18
13:30 – 13:45	14	0	14
13:45 – 14:00	21	0	21
14:00 – 14:15	15	0	15
14:15 – 14:30	25	0	25
14:30 – 14:45	17	1	18
14:45 – 15:00	17	1	18
15:00 – 15:15	9	1	10
15:15 – 15:30	6	0	6
15:30 – 15:45	9	0	9
15:45 – 16:00	10	2	12
16:00 – 16:15	7	0	7
16:15 – 16:30	9	0	9
16:30 – 16:45	9	0	9
16:45 – 17:00	13	0	13
17:00 – 17:15	18	0	18
17:15 – 17:30	12	0	12
17:30 – 17:45	6	0	6
17:45 – 18:00	6	0	6
<b>Σ=</b>	<b>327</b>	<b>7</b>	<b>334</b>

Fuente: Propia

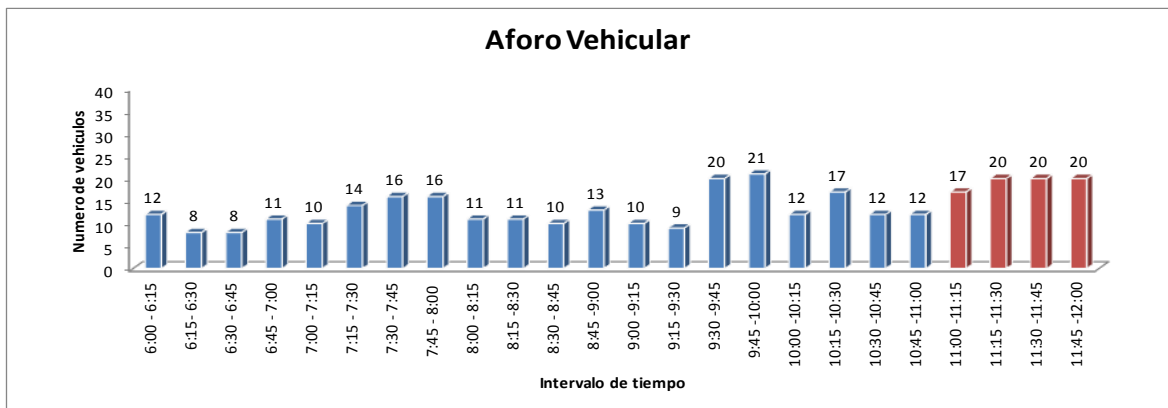
La tabla 1.19 muestra el número promedio de los vehículos que transitan a diario por la calle en estudio.

**Tabla 1.19:** Tránsito Promedio Diario.

AFORO	Veh. Livianos	Veh. Pesados
Aforo 1	718	18
Aforo 2	608	17
Aforo 3	596	24
Total (veh.)	1,922	59
Veh. Mixtos por carril (50/50)	961	30
<b>TPD (Veh/día)</b>	<b>320</b>	<b>10</b>

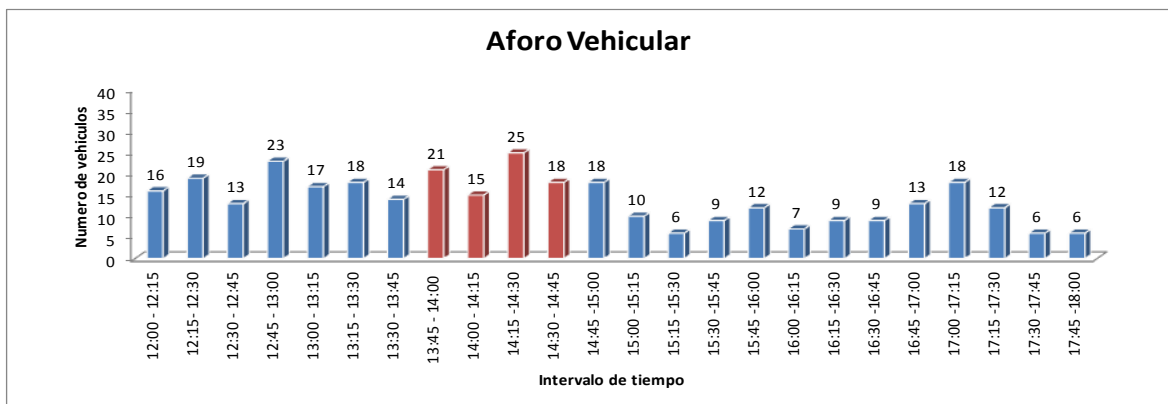
Fuente: Propia

**Figura 1.9 a: Gráfico flujo vehicular- tiempo**



Fuente: Propia

**Figura 1.9 b: Gráfico flujo vehicular- tiempo**



Fuente: Propia



### 1.4.6 Cálculos

**Factor horario de máxima demanda.** El área sombreada en el cuadro TPD de vehículos mixtos representa el flujo máximo de vehículos que transitaron entre las 11:00 y las 12:00 de la mañana y por la tarde entre las 13:45 y 14:45; el VHMD para el estudio realizado es:

$$VHMD = 17 + 20 + 20 + 20 = 77 \text{ Veh. Mixto / hora. (am)}$$

$$VHMD = 21 + 15 + 25 + 18 = 79 \text{ Veh. Mixto / hora. (pm)}$$

El VHMD con el que se trabajará es el mayor, de modo que el flujo máximo ( $q_{\max}$ ) para periodos de 15 minutos corresponde al de las 13:45 y 14:45, con un valor de 25 vehículos mixtos. Por tanto el factor horario de máxima demanda (FHMD) es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 \times q_{\max}} = \frac{79}{4 \times 25} = 0.80$$

$$FHMD = 0.80 < 0.85$$

Este valor indica que en este período hay mayor concentración de vehículos que en el resto del día, puede considerarse como un valor crítico con respecto al flujo vehicular.

**Factores de ajustes:** factores de ajuste de la estación # 203 (cuatro esquinas-Diriamba) que involucraran toda la tipología vehicular en las dos clasificaciones: vehículos pesados y livianos; obtenidos del **Anuario de aforo vehicular 2,009 (MTI)**. Ver anexo Tabla A – 13.

factores de ajuste de la estación 203 en Diriamba /vehículos livianos					
factores	motos	autos	jeep	camioneta	promedio
factor día	1.34	1.37	1.33	1.31	5.34/4= <b>1.34</b>
factor semana	0.98	1.02	1.02	0.98	4/4= <b>1</b>
factor temporada	1.11	1.06	1.09	1.03	4.29/4= <b>1.07</b>

Fuente: Propia

<b>factores de ajuste de la estación 203 en Diriamba /vehículos pesados</b>			
factores	liviano	C2	promedio
factor día	1.24	1.26	$2.5/2=1.25$
factor semana	0.89	0.86	$1.75/2=0.88$
factor temporada	1.02	1.06	$2.08/2=1.04$

Fuente: Propia

Teniendo calculados los factores de ajuste de la estación # 203 cercana al sitio del proyecto, estos fueron aplicados al TPD para poder proyectar a un TPDA

**Tabla 1.20:** Proyección de TPD al TPDA

GRUPOS	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Total
TPD	320	10	330
F. Día	1.34	1.25	
F. Semana	1.00	0.88	
F. Temporada	1.07	1.04	
<b>TPD invierno</b>	<b>459</b>	<b>11</b>	<b>470</b>
% TPDA	97.66%	2.34%	100%
% Vehículos	97.66%	2.34%	100%

Fuente: Propia

### Tasa de crecimiento

Con la ecuación 1.18 tenemos que:

$TPDA_{2,001}=3,862$      $TPDA_{2,009}=4,754$ . Ver tabla A-13-1 de anexo

$$Tc = \left[ \left( \frac{4,754}{3,862} \right)^{1/9} \right] - 1 \quad ; \quad Tc = 2.33\%$$

### Tránsito Futuro

Periodo de diseño n: 20 años.

Con la ecuación 1.19 tenemos que:

$$TF = 470(1 + 2.33)^{20}$$

$$TF = 745 \text{ veh/d}$$

$$FP = \frac{TF}{TA} = \frac{745}{470} = 1.59\%$$

$TPDA = 1.59 * 470 = 747 \text{ veh/d}$  ; Este es el TPDA que será aplicado al diseño.

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DE CARRETERA**

#### **2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO**

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En ese sentido, la carretera queda geométricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.

Dichos elementos físicos comprenden las visibilidades, anchuras, pendientes, taludes, secciones transversales, etc. Básicamente el diseño geométrico comprenderá el diseño óptimo de la línea definitiva.

##### **2.1.1 Consideraciones de diseño**

Adicionalmente a los parámetros numéricos de diseño especificados en la normativa para el alineamiento horizontal, se debe estudiar un número de controles, los cuales no están sujetos a demostraciones empíricas o a fórmulas matemáticas, pero son muy importantes para lograr carreteras seguras y de flujo de tránsito suave y armonioso.

Para evitar el diseño geométrico que presenta vías inseguras e incómodas se deben usar los siguientes criterios generales:

1. El alineamiento debe ser tan directo como sea posible, ser consistente a los contornos de topografía que siguen una línea de ceros, de acuerdo con la línea de pendiente seleccionada.
2. En un proyecto geométrico con velocidad de diseño especificada, se debe procurar establecer curvas con velocidad específica no muy superior a la velocidad de diseño.
3. En general el ángulo de deflexión para cada curva debe ser tan pequeño como sea posible, en la medida que las condiciones topográficas lo permitan, teniendo en cuenta que las carreteras deben ser tan directas como sea posible.
4. El alineamiento con tangente larga entre dos curvas del mismo sentido tiene un aspecto agradable, especialmente cuando no se alcanza a percibir las dos curvas horizontales.
5. Es necesario mediante sistemas de señalización horizontal y como medida de seguridad vial, separar la calzada de las bermas y los carriles entre sí de acuerdo con la dirección del tránsito.

### **2.1.2 Normas, criterios y especificaciones utilizadas en el diseño del proyecto.**

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante normas y recomendaciones que el proyectista debe respetar y en lo posible, dentro de límites económicos razonables superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la calidad del servicio que se pretende obtener de la carretera.

Para obtener las condiciones adecuada en el diseño a realizar se tomará en consideración los siguientes aspectos:

- Tipo de área: Rural.
- Condiciones de terreno: Plano.
- Volumen de tránsito.
- Condiciones ambientales.

Para elaborar el Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA) se seleccionó una velocidad de diseño de 60KPH y para un periodo de 20 años.

En la etapa de construcción del presente proyecto, se necesitará replantear la línea central ya que la original no presenta las condiciones para el diseño, tales como:

1. No hay suficiente espacio en algunos tramos para la colocación de cunetas.
2. No hay suficiente espacio en algunos tramos para la colocación de andenes.
3. Poco espacio para carril especialmente izquierdo.

A demás se consideró las viviendas edificadas en el tramo de estudio. Nuestro trabajo consistió primeramente en replantear (redefinir geométricamente) el alineamiento tanto vertical como horizontal.

### **2.1.3 Velocidad Directriz o de Diseño<sup>i</sup>**

Es el valor de la velocidad que se escoge para realizar el diseño geométrico de la carretera. Corresponde a la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre la carretera cuando prevalezcan las condiciones de diseño.

---

<sup>i</sup>Leclair, Raúl. SIECA (2,001).*Normas y diseño geométrico de carreteras*. Pág. 29.

En este proyecto se utilizara una velocidad de 60 km/h ya que es una zona rural.

#### **2.1.4 Distancia de visibilidad**

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En diseño se consideran tres distancias de visibilidad:

1. Visibilidad de parada.
2. Visibilidad de adelantamiento.
3. Visibilidad para cruzar una carretera.

#### **Visibilidad de parada**

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tenga una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubique a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6% y para velocidades directrices mayores de 70 Km. /hora.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En la Tabla A - 4 de anexos se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente.

Para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

### **Visibilidad de adelantamiento**

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad 15 Km./h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible, de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz.

### **2.1.5 Alineamiento Horizontal**

El alineamiento horizontal es una proyección sobre un plano horizontal en el cual la vía está representada por su eje y por los bordes izquierdo y derecho. El eje es la línea imaginaria que va por el centro de ella y que se dibuja con la convención general de los ejes. Los bordes izquierdo y derecho son las líneas que demarcan exteriormente la zona utilizable por los vehículos.

Al hacer el trazado, generalmente se trabaja sobre el eje, ya que determinando un punto de este la ubicación de los bordes es obvia y sencilla, pues basta con medir sobre la normal al eje en ese punto el ancho de la vía a cada lado de este.

Para enlazar dos rectas finitas con distinta dirección se pueden trazar un gran número de arcos circulares cuyo radio varía desde cero metros hasta un valor tal que dicho arco elimine el tramo en tangente correspondiente a la recta más corta. El valor del radio, escogido por el diseñador de la vía, depende de las condiciones topográficas del sitio y de las limitaciones que imponen las leyes de la mecánica del movimiento de los vehículos en una curva, para una determinada velocidad de diseño.

#### **2.1.5.1 Curvas horizontales**

Son aquellas que se utilizan como acuerdo entre dos alineaciones rectas, con el objetivo de suavizar las deflexiones en las alineaciones de los ejes de la carretera, ferrocarriles, canales, etc.

**Curvas Circulares:** La curva circular es un arco de circunferencia que se emplea en las obras longitudinales, para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirve de unión entre las mismas.

Para dar seguridad y economía a la operación del tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva o grado máximo de curva, la tasa de sobre-elevación máxima o peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a una curva.

#### **Clasificación de las curvas de enlace horizontal**

Las curvas horizontales suelen presentarse en tres casos diferentes, aunque aquí sólo se mencionará en detalle los casos que se presentan en el proyecto **“Diseño**

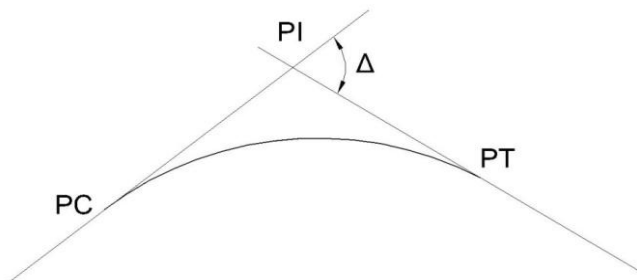


de un kilómetro de adoquinado para acceder al instituto de excelencia Académica (IDEA)” los cuales son curva circular simple y curvas inversas o reversas.

Para lograr el cambio gradual entre los tramos rectos del eje del proyecto longitudinal se emplean distintos tipos de curvas:

**Curvas Circulares simples:** Están formadas por un sólo arco de circunferencia.

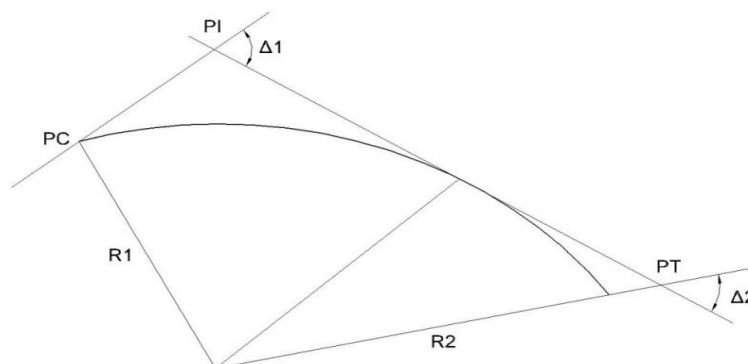
**Figura 2.1:** Curva circular simple



Fuente: UNI. (2,008).Manual de topografía. Curvas circulares.

**Curvas Circulares compuestas:** Se forman por la combinación de dos o más arcos de circunferencia uno a continuación del otro. Los radios de cada curva son de magnitud diferente y con tangentes comunes en el punto de unión.

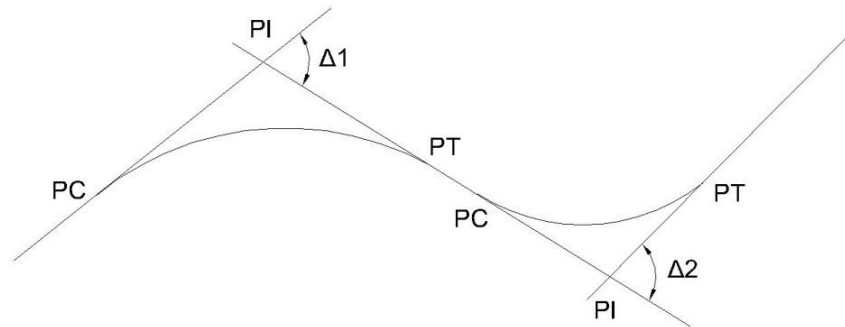
**Figura 2.2:** Curva circular compuesta



Fuente: UNI. (2,008).Manual de topografía. Curvas circulares.

**Curvas Inversas o reversas:** Son aquellas compuestas de dos curvas circulares, de sentido contrario, contiguas y con tangente comunes en el punto de unión.

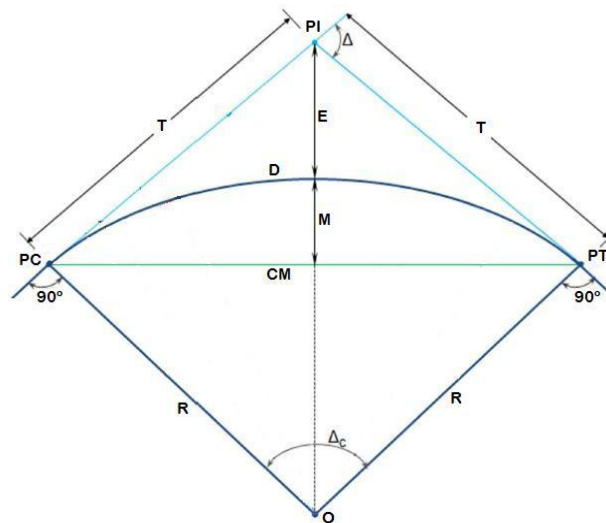
**Figura 2.3:** Curvas inversas



**Fuente:** UNI. (2,008).Manual de topografía. Curvas circulares.

**Elementos de una curva circular simple.**

**Figura 2.4:** Elementos de una curva circular simple



**Fuente:** UNI. (ca 2,008).Diseño y cálculo geométrico de viales. Alineamiento horizontal.

### **Puntos notables.**

**PI:** Es el punto donde se interceptan las dos tangentes horizontales.

**PC:** Es el punto de tangencia entre la tangente horizontal y la curva al comienzo de esta.

**PT:** Es el punto de tangencia entre la tangente y la curva al final de esta.

### **Puntos geométricos.**

**R:** Es el radio de la circunferencia en la que la curva es un segmento de esta, de ahí que la curva horizontal es una curva circular.

**T:** Tangente de la curva, es el segmento de recta que existe entre el PI y el PC y también entre PI y PT.

**CM:** Cuerda Máxima, es el segmento de recta que une al PC con el PT.

**LC:** Longitud del arco comprendido entre PC y el PT. Se conoce también como desarrollo (D).

**M:** Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

**E:** Distancia desde el centro de la curva al punto de Inflexión.

**Δ:** Ángulo de inflexión o de deflexión formado por las tangentes al Interceptarse en el PI.

#### **2.1.5.1.1 Ecuaciones.**

Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal<sup>i</sup>.

**Radio:** Está determinado según los datos que se tengan y la aplicación de las Ecuaciones del resto de los elementos geométricos.

$$\text{Tangente } T_c = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.1)$$

---

<sup>i</sup>Normas de diseño geométrico (2,003). pág. 39

$$\text{Cuerda Máxima} \quad CM = 2R \sin \Delta/2 \quad (2.2)$$

$$\text{Externa} \quad E = R(\sec \Delta/2 - 1) = R \left[ \left( \frac{1}{\cos \Delta/2} \right) - 1 \right] \quad (2.3)$$

$$\text{Mediana} \quad M = R(1 - \cos \Delta/2) \quad (2.4)$$

$$\text{Desarrollo} \quad Dc = \frac{\pi R \Delta}{180} \quad (2.5)$$

Antes de calcular el radio de la curva circular simple, debe establecerse primero un valor mínimo con el que el diseñador se guía, este valor consiste en el radio mínimo que evita el deslizamiento del vehículo viajando a la velocidad de diseño.

Este valor esta dado por:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.14(e_{max}+f)} \quad (2.6)$$

Una vez definido el radio mínimo se puede calcular el radio de la curva circular y verificar que:

$$R_{min} \leq R$$

Los valores de f varían según la velocidad, las condiciones de los neumáticos y el estado de la superficie de rodamiento de la carretera. La AASHTO recomienda los siguientes valores para f:

**Tabla 2.1:** Valores de f en función de la Velocidad de diseño.

V (km/h)	30	40	50	60	65	70	80	90	100	110	115
f	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12

**Fuente:** Manual de diseño de caminos de bajo volumen de tránsito (MTC)

**Grado máximo de curvatura ( $G_{max}$ ):** Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño y se define según la siguiente expresión:

$$G_{max} = \frac{145692.26(e_{max}+f)}{V^2} \quad (2.7)$$

Donde:

$e_{max}$ : Es el peralte máximo en decimal.

$F$ : Representa el coeficiente de fricción lateral.

$V$ : Es la velocidad de diseño.

**Grado de curvatura ( $G$ ):** La longitud de una circunferencia es  $2\pi R$ , para un ángulo central de  $360^\circ$ , si el arco es de 20 m, el ángulo central es el valor que adopta  $G$ , en otras palabras el grado de curvatura es el ángulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

**Relaciones fundamentales del grado de curvatura.**

$$\text{Relación } G - R \quad G = \frac{1145.92}{R} \quad (2.8)$$

$$\text{Relación } G - Dc \quad G = \frac{20\Delta}{Dc} \quad (2.9)$$

**Condiciones que debe cumplir  $G$ .**

$$G \leq G_{max}$$

$$G = \frac{20\Delta}{Dc} \text{ Para } \Delta > 5^\circ, \text{ "Dc" se calcula mediante la ecuación (2.5), si } \Delta \leq 5^\circ, \text{ el valor}$$

"Dc" se toma de la tabla siguiente.

**Tabla 2.2:** Valores de DC con respecto a  $\Delta$

$\Delta$	5	4	3	2	1
Dc	150	180	210	240	270

**Fuente:** Manual de diseño de caminos de bajo volumen de tránsito (MTC)

## Replanteo de curvas circulares.

Existen varios métodos para el replanteo de curvas horizontales, sin embargo el método más usado en Nicaragua, México y Estados Unidos es el de las Deflexiones por lo que es el que se abordará.

La localización de una curva se hace generalmente por ángulos de deflexión y cuerdas. Los Ángulos de deflexión son los ángulos formados por la tangente y cada una de las cuerdas que parten desde el PC a los diferentes puntos donde se colocaran estacas por donde pasara la curva.

El ángulo de deflexión total para la curva formada por la tangente y la cuerda principal será  $\Delta/2$ .

De manera general este se calcula por la expresión:

$$\delta/m = \frac{(1.50 * G_c * cuerda)}{60} \quad (2.10)$$

En dependencia de las condiciones in-situ del terreno se pueden presentar los siguientes casos:

### Si el desarrollo de curva es menor de 200 m.

Replanteo desde el PC (deflexión Izquierda ( $\Delta I$ ) o deflexión Derecha ( $\Delta D$ ))

Replanteo desde el PT ((deflexión Izquierda ( $\Delta I$ ) o deflexión Derecha ( $\Delta D$ ))

### Si el desarrollo de curva es mayor de 200 m

Replanteo desde PC al PM y del PT al PM. ((Deflexión Izquierda ( $\Delta I$ ) o deflexión Derecha ( $\Delta D$ ))

El error de cierre permisible para el replanteo de la curva será:

Angular  $\pm 1'$

Lineal  $\pm 10$  cm.

Técnicamente no se puede replantear sobre la curva (Arco de circunferencia) es por tal razón que en vez de medir segmentos de arcos se miden segmentos de cuerda; haciendo coincidir sensiblemente estos segmentos de cuerda con los de arco.

Cuerda máxima o corte de cadena a utilizar en el replanteo de curvas horizontales:

**Tabla 2.3:** Longitud de la cuerda con respecto al grado de curvatura.

G°c	Longitud de Cuerda (m)
00° 00'- 6°00'	20.00
06° 00'- 15°00'	10.00
15° 00'- 32°00'	5.00

Fuente: UNI.(2008).Manual de topografía – Curvas circulares.

#### 2.1.5.2 Curvas de transición

En un diseño donde se utilizan elementos geométricos rígidos como la línea recta y los arcos circulares, cualquier móvil que entre en una curva horizontal o salga de la misma, experimenta un cambio brusco debido al incremento o disminución de la fuerza centrífuga, que se efectúa en forma instantánea, lo que produce incomodidad en el usuario. El conductor sigue generalmente un camino conveniente de transición, lo que puede originar la ocupación de una parte del carril adyacente, cuando se inicia el recorrido de la curva, lo que representa un peligro si el carril aledaño es para tránsito de sentido contrario. Salvo cuando se tienen curvas de radios grandes, donde también se pueden usar pero no es estrictamente necesario, lo indicado es emplear las curvas de transición.

Son las curvas de transición alineaciones de curvatura variable con su recorrido; y su objeto es suavizar las discontinuidades de la curvatura y el peralte. Se evita con ellas, por tanto, un cambio brusco de la aceleración radial, y en el control de la dirección del vehículo; y se dispone de longitudes suficientes, que permiten

establecer un peralte y un sobre ancho adecuados, modificar el ancho de la calzada y realzar la estética de la vía.

Cuando el radio sea mayor a los 1,500 mts, no se necesitan curvas de transición. Las normas SIECA establecen en su sección 4-45 literalmente que “En curvas con radio circular de 1,500 metros o más, no se necesitan transiciones, se pasa directamente de la tangente a la alineación circular. En esta situación se recomienda que el peralte se desarrolle 2/3 en la tangente y 1/3 al principio de curva circular.

### **Ventajas de uso de las Curvas Transición.**

1. Se obtiene un cambio gradual de curvatura desde cero, en el punto de unión de las tangentes con las curvas de transición a  $G^\circ$  en la unión de la curva de transición con la curva circular correspondiente.
2. Prevé suficiente longitud para efectuar la transición del peralte y del sobre ancho y para que en cada punto el peralte esté de acuerdo con el grado de curvatura.
3. Permite que los vehículos puedan circular a mayores velocidades, con la seguridad y comodidad debida y que los conductores de éstos puedan y estén animados a mantenerse dentro del carril por donde circulan.
4. Su uso tiende a aminorar el efecto de las fuerzas centrífugas y por tanto a disminuir la incomodidad y el peligro en las curvas.
5. Permitirá conducir a una velocidad uniforme en todo el recorrido de la vía.



### **2.1.5.3 Sobre-ancho**

Cuando un vehículo circula por una curva, ocupa un ancho de camino mayor que en una tangente, debido a esta situación y a que es difícil para el conductor mantener el vehículo en el centro del carril, es necesario proporcionar un ancho adicional en las curvas, en relación con el ancho en tangente. Este también permite que los vehículos puedan circular adecuadamente sobre el carril. A este sobre ancho se le denomina normalmente ampliación.

Es aconsejable dar este sobre-ancho a la calzada por dos razones:

1. Las ruedas traseras de un vehículo que recorre una curva, describen una trayectoria de radio más corto que las delanteras, necesitando más espacio lateralmente.
2. Hay una necesidad psicológica de más espacio para evitar colisionar con el vehículo de sentido contrario. (Campos, 2009)

Los sobre-anchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica.

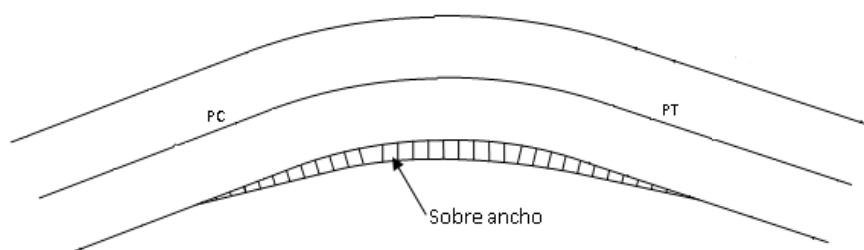
Los sobre-anchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

En las carreteras modernas con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobre-anchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía. (SIECA, 2004).

Para establecer el sobre-ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) En curvas circulares sin transición, el sobre-ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- b) Cuando existen curvas de transición, el sobre-ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- c) El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 m.
- d) Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.

e) **Figura 2.5:** Sobreancho



**Fuente:** UNI. *Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal*

### **Sobre ancho de diseño.**

Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - Lc^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (2.11)$$

Donde:

$n$ :      Números de carriles.

$R$ :      Radio de la curva.

$Ld$ :    Distancia entre los ejes más distantes del vehículo de diseño (C3)

$V$ :      Velocidad de diseño (KPH)

Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60cm, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m ó más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300 m.

#### **2.1.5.4 Sobre-elevación o peralte**

Cuando un vehículo se desplaza a lo largo de una trayectoria circular, la fuerza centrífuga tiende a moverlo hacia fuera, lo que ocasiona una situación potencial de inestabilidad. La fuerza centrífuga es contrarrestada por la componente del peso del vehículo en relación con la sobre-elevación del camino o la fricción lateral generada entre las llantas y la superficie de rodamiento, o una combinación de ambos factores. (Fonseca Rodríguez, 2,010)

El peralte, sobre-elevación o súper elevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo al recorrer una curva horizontal.

La inestabilidad debida a la fuerza centrífuga puede manifestarse de dos maneras: por deslizamiento o por volteo. Precisamente, las fórmulas tradicionales para

calcularla sobre-elevación se basan en el equilibrio de fuerzas para que un vehículo no deslice o gire sobre su eje longitudinal al transitar por una curva.

**Figura 2.6:** Fuerzas que actúan sobre un vehículo en una curva con peralte

$$W \cdot \sin \alpha + f \cdot N = F_c \cdot \cos \alpha ; \quad (2.12)$$

Donde:

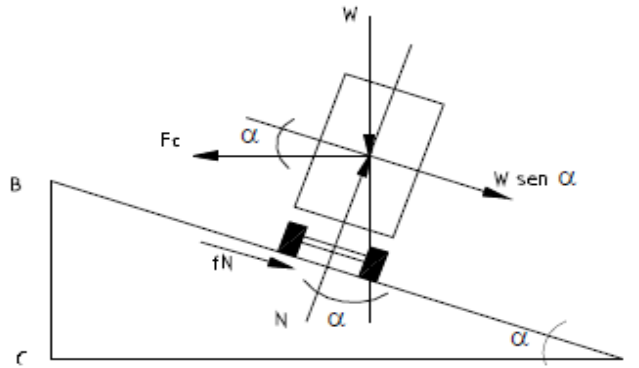
W= Peso del vehículo

$\alpha$ = Ángulo de la  
sobreelevación

f= Coef. De fricción lateral

$N = W \cdot \cos \alpha$

$F_c$ = Fuerza centrífuga



**Fuente:** UNI. *Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal*

En Nicaragua los valores de sobre-elación máximos o peralte máximos son:

**Tabla 2.4:** Peraltes máx. de acuerdo al tipo de área

Peralte máximo “e” en %	Tipo de área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Sub – urbana
4	Urbana

**Fuente:** Manual Centroamericano. SIECA. Sección 4-36

La ecuación que es usada ampliamente para determinar el peralte de diseño es:

$$e = \frac{e_{max}}{(G_{max})^2} (2G_{max} - G)G \quad (2.13)$$

Donde:

e: Peralte que corresponde a la curva de Grado G. (Peralte de diseño)

$e_{máx}$ : Peralte máximo

G máx: Grado de curvatura máximo por estabilidad que puede dársele a las curvas en la carretera.

G: Grado de diseño de la curva objeto en estudio

### **Longitud de transición del peralte**

Según (OSPINA, 2002), para llevar a cabo el cambio de la sección transversal de una vía en tangente, cuya inclinación se denomina bombeo, a la sección transversal con el peralte requerido en una curva, se necesita establecer o diseñar una transición entre estas dos.

**Longitud de transición (LT):** Es la distancia comprendida entre el punto correspondiente al peralte máximo de la curva y el punto de intersección de los perfiles longitudinales del borde exterior y del eje del camino.

Según ASSHTO<sup>i</sup>:

$$LT = m * a * e \quad (2.14)$$

a: es el semiancho de la calzada en tangente.

e: es el peralte de la curva circular en decimales.

m esta dada por la ecuación:

$$m = 1.5625(V) + 75 \quad (2.15)$$

Donde V: velocidad de diseño.

$$N = m * a * b \quad (2.16)$$

N: Se define como la longitud necesaria para la transición del hombro exterior de la curva, desde -b a 0%.

a: es el semiancho de la calzada.

b: es el valor en decimal del bombeo; el valor del bombeo que se utilizara en este proyecto será del 2.5%

---

<sup>i</sup>UNI. *Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal*

### **Métodos de Desarrollo de peralte**

Una vez calculado el valor del peralte que deberá tener la curva circular es necesario proporcionarlo de una forma gradual, es decir convertir la forma de la sección transversal de la calzada bombeada del centro hacia los bordes, en una sección con inclinación única del peralte del borde exterior hacia el interior de la curva.

Son tres las formas de desarrollo del peralte.

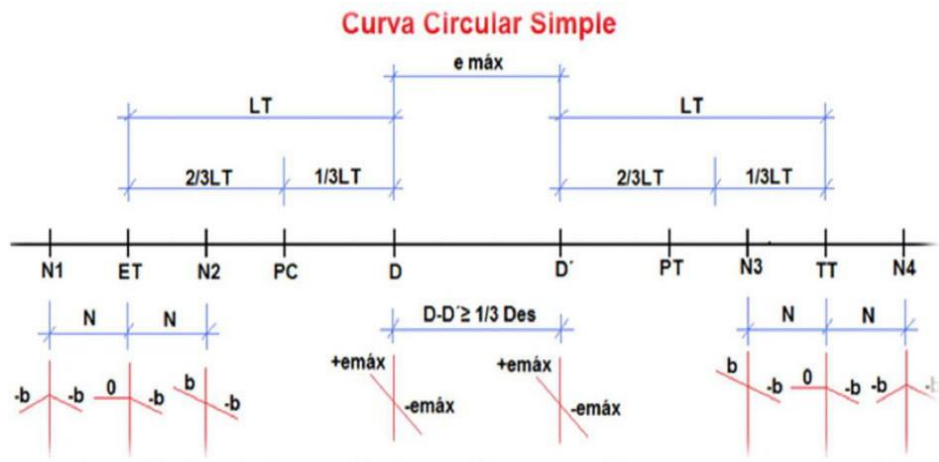
**Desarrollo del peralte por el eje de la vía:** Este procedimiento es el más conveniente, ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes, en general es el procedimiento más utilizado ya que su simetría brinda una mayor comprensión y facilidad para el cálculo. Es conveniente en terraplenes donde se compensa lo que asciende en un borde con lo que baja en el borde opuesto. Es decir que el eje de la vía o eje central de la carretera es la línea base alrededor de la cual va girando la sección transversal de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria.

**Desarrollo del peralte por el borde interior:** Es el segundo más utilizado, en este caso la línea base alrededor de la cual gira la sección transversal de la calzada es el borde interior.

**Desarrollo del peralte por el borde exterior:** Transición del bombeo a la sobre-elevación. El cambio gradual de bombeo a sobre-elevación se realiza a lo largo de las espirales de transición.

En este proyecto se utilizará el procedimiento del desarrollo del peralte por el eje de la vía.

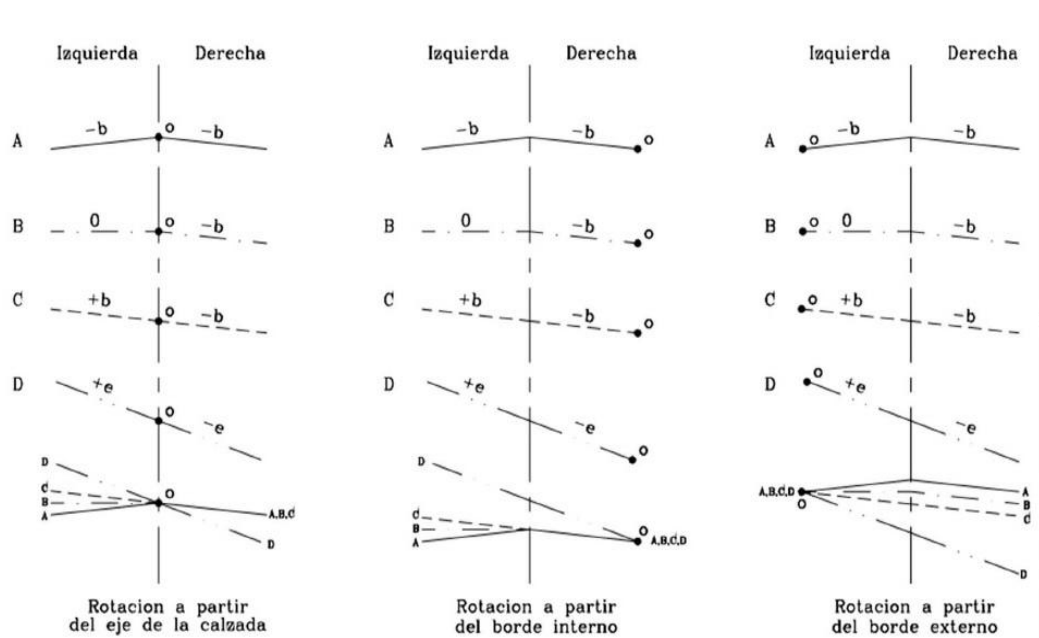
**Figura 2.7:** Desarrollo de la curva de transición en una curva circular simple.



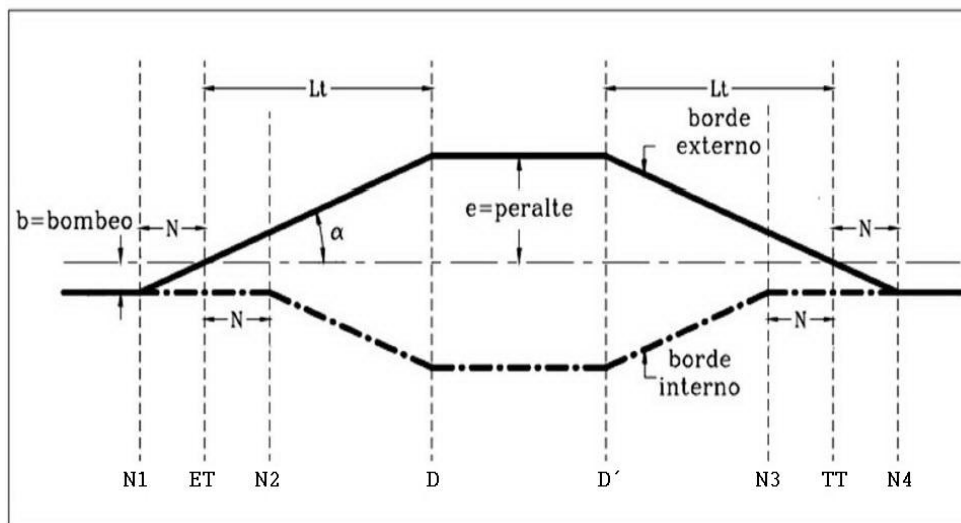
**Fuente:** UNI. Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal

De D a D' empieza el desarrollo del peralte máximo.

**Figura 2.8:** Rotación de la calzada para los 3 diferentes métodos



**Fuente:** UNI. Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal

**Figura 2.9: Perfil del peralte**

**Fuente:** UNI, Diseño y Cálculo geométrico de viales - Alineamiento horizontal.

Se puede observar en la figura 2.9, que la distancia ET – N2 y N3 – TT son iguales y equivalentes a N, ya que el cambio absoluto de peralte también es igual al bombeo. Al efectuar la transición, los bordes de la vía adquieren una pendiente diferente a la del eje, pendiente que debe permanecer constante a lo largo de toda la transición, tanto en la del bombeo como en la del peralte.

#### 2.1.5.5 Tangente intermedia mínima

Es la distancia entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente.

En el caso de dos curvas circulares consecutivas; es la distancia entre el PT de la curva inicial y el PC de la curva siguiente.

Las longitudes de transición se dividen en:  $\frac{2}{3} L$  en tangente (antes del PC y después del PT), y  $\frac{1}{3} L$  en la curva, (después del PC y antes del PT), se aplica la siguiente fórmula:



$$T_{IM} = \frac{2L_1}{3} + \frac{2L_2}{3} + N_1 + N_2^i \quad (2.17)$$

Donde:

$T_{IM}$ = Tangente intermedia mínima (m).

$L_{1,2}$ = Longitud de transición (m).

$N_{1,2}$ = Longitud tangencial (m).

Cuando existen condiciones críticas, en el diseño geométrico, que no permitan aplicar los valores de TIM obtenidos con la ecuación 2.17, se puede optar por una solución, que sin ser la óptima, permite adaptar mejor el proyecto a las condiciones topográficas existentes.

Esta solución consiste en distribuir la longitud de transición, 50 % en tangente y 50 % en la curva circular.

En este caso se aplicará la siguiente fórmula:

$$T_{IM} = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + N_1 + N_2 \quad (2.18)$$

Si  $L_1 = L_2$  entonces

$$T_{IM} = L_1 + 2N_1^{ii} \quad (2.19)$$

Para situaciones extremadamente críticas y en caminos clase IV o V, con bajas velocidades de diseño, y únicamente en casos puntuales se podrá optar por la solución de distribuir la longitud de transición 100 % dentro del arco de curva circular, en cuyo caso la longitud de la curva circular deberá ser igual o mayor al doble de la longitud de transición.

$$T_{IM} = N_1 + N_2 \quad (2.20)$$

Si  $L_1 = L_2$  entonces

$$T_{IM} = 2N_1 \quad (2.21)$$

---

<sup>i</sup>Normas de diseño geométrico de carreteras 2003

<sup>ii</sup>Normas de diseño geométrico de carreteras 2003

### **2.1.6 Alineamiento Vertical**

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. Al trazado en perfil del eje de la sub corona se le llama línea sub rasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son: las tangentes y las curvas.

**Tangente vertical:** Se caracterizan por su longitud y sus pendientes. Se miden horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel o la distancia entre dos puntos de la misma.

**Pendiente:** La pendiente influye sobre el costo del transporte, por ejemplo en una curva vertical muy inclinada los usuarios tienen mayores dificultades en su recorrido y además disminuye la capacidad de la vía y más aún cuando hay un alto porcentaje de camiones. Al disminuir las pendientes, aumentan los volúmenes de excavación y por ende también los costos de construcción.

**Pendiente máxima:** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad del diseño.

**Pendiente máxima:** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad del diseño.

**Tabla 2.5:** Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño.

TIPO DE TERRENO	Por ciento de pendiente máxima para distintas velocidades de diseño, en KPH.						
	50	60	70	80	90	100	110
LLANO	6	5	4	4	3	3	3
ONDULADO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

**Fuente:** UNI. *Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal*

**Pendiente mínima:** Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como mínimo una pendiente del 0.5% la línea de fondo de las cunetas tendrá que tener la misma pendiente que la sub-rasante de la vía.

#### 2.1.6.1 Curvas verticales.

Son las que se utilizan para servir de acuerdo entre la rasante de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales.

Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así:

$$||p_2 - p_1|| \leq 0.5\%$$

## Tipos de curvas verticales.

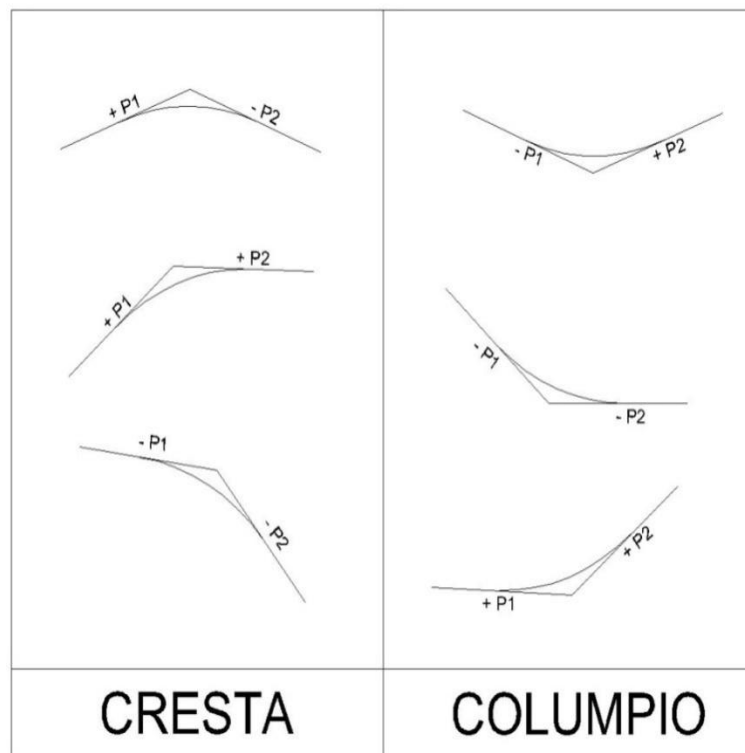
Pueden ser cóncavas hacia abajo, las cuales se denominan *Curvas en columpio*, o cóncavas hacia arriba, a las que se les llama *Curvas en Cresta*. Para determinar si una curva vertical está en columpio o en cresta se calcula la diferencia algebraica de las pendientes, este resultado se representa con la letra A.

$$A = P_d - P_i \quad (2.22)$$

Si  $A < 0$  se trata de una curva en cresta

Si  $A > 0$  se trata de una curva en columpio

**Figura 2.10:** curvas verticales en cresta y columpio



**Fuente:** UNI. (2,008). *Manual de topografía – Curvas circulares*

Desde otro punto de vista, las curvas verticales pueden ser simétricas o asimétricas, las primeras son las que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de las pendientes, es decir, las proyecciones horizontales son iguales. Las curvas verticales asimétricas disponen de proyecciones horizontales distintas.

### **Longitud de curvas verticales.**

Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño. En el diseño de carreteras los criterios determinantes son la visibilidad y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene un aspecto más agradable que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendientes y longitudes de rampas cortas.

Aún con todo esto, la longitud de la curva vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente.

En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

$$Dp = 0.278vt + \frac{v^2}{254(f - Pm)} \quad (2.23)$$

Donde:

Dp: Distancia de parada o frenado.

V: Velocidad de diseño

t: Tiempo de reacción (2.5seg)

f: Coeficiente de fricción longitudinal.

Pm: Representa la pendiente de mayor inclinación en valor absoluto.

Aunque existen otros criterios para el cálculo de la longitud de una curva vertical, aquí se utilizará solamente el criterio de seguridad, este criterio exige que la longitud de la curva deba ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

De modo que:

$$L = \frac{A * Dp^2}{120 + 3.5Dp} \quad (2.24)$$

Donde:

L: Longitud de la curva vertical.

A: Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento.

DP: Distancia de parada.

La AASHTO para satisfacer las necesidades mínimas de parada, comodidad y aspecto, recomienda un valor de L no menor de K\*A, donde A es la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento y los valores de K, para obtener L en metros, son los siguientes:

**Tabla 2.6:** Valores de K para el cálculo de L.

Velocidad (KPH)		50	65	80	95	110
Valor mínimo de K para curvas verticales	Curvas en cresta	9	15	24	46	73
	Curvas en columpio	11	15	21	43	30

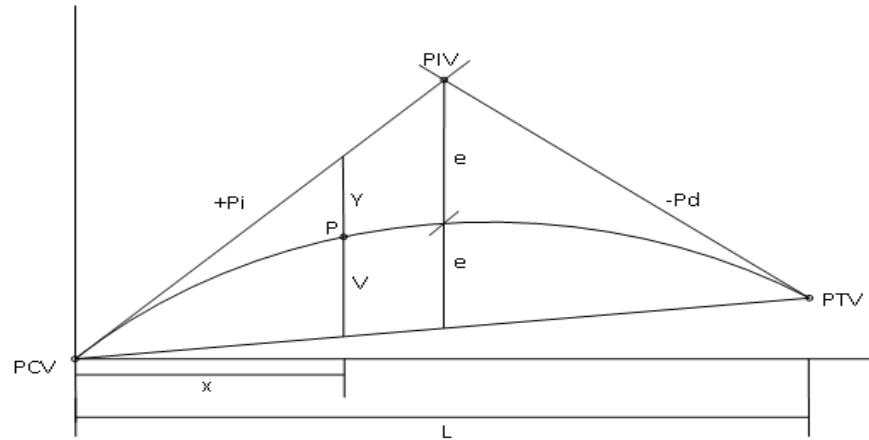
**Fuente:** AASHTO

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dado por:

$$L = K * A \quad (2.25)$$

## Elementos de la curva vertical.

**Figura 2.11:** Elementos de una curva vertical.



**Fuente:** UNI. (2,008). *Manual de topografía – Curvas circulares*

PCV: Punto de comienzo de la curva vertical

PTV: Punto de terminación de la curva vertical

PIV: Punto de intersección vertical de las tangentes

$P_i$ ,  $P_d$ : Pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente

$L_i$ ,  $L_d$ : Longitudes de la rama izquierda y derecha respectivamente.

$L$ : Longitud total de la curva vertical ( $L_i + L_d$ )

$V$ : Ordenada a un punto P de la curva vertical.

$Y$ : Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente a un punto P de la curva.

$E$ : Ordenada vertical desde el vértice a la curva.

$X$ : Distancia del PV a un punto P de la curva.

### 2.1.6.1.1 Ecuaciones

Cálculo de los valores de los elementos de la curva vertical.

Ordenada vertical 
$$e = \frac{(P_d - P_i)}{2L} \times L_i L_d \quad (2.26)$$

**Rama izquierda**

**Rama derecha**

Ordenadas

$$V_i = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_d}{L_i} \times x_i^2 \quad (2.27) \quad V_d = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_i}{L_d} \times x_d^2 \quad (2.28)$$

Elevación sobre la tangente

$$E_{s/t} = EPCV + P_i x_i \quad (2.29)$$

$$E_{s/t} = EPTV + P_d x_d \quad (2.30)$$

Elevación sobre la curva.

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i \quad (2.31)$$

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_d \quad (2.32)$$

Ubicación del punto más alto

$$X_{PAi} = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \quad (2.33)$$

$$X_{PA d} = \left\| \frac{P_d L_d^2}{2e} \right\| \quad (2.34)$$

Si  $X_{PAi} > L_i$  entonces el  
Punto más alto está en  
 $L_d$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_i$

Si  $X_{PA d} > L_d$  entonces el  
Punto más alto está en  
 $L_i$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_d$



### 2.1.7 Cálculos de curvas horizontales.

#### Curva Horizontal 1

Datos

$$V = 60\text{km/h}$$

$$\Delta = 8^{\circ}9'31''$$

$$f = 0.15$$

$$\Delta/2 = 4^{\circ}4'45.5''$$

$$T = 20.034\text{m}$$

##### 1. Cálculo del radio mínimo

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.14(e_{max} + f)} = \frac{(60)^2}{127.14(0.08 + 0.15)}$$

$$R_{min} = 123.11\text{m}$$

##### 2. Cálculo del grado máximo de curvatura

$$G_{max} = \frac{145692.26(e + f)}{V^2} = \frac{145692.26(0.08 + 0.15)}{60^2}$$

$$G_{max} = 9^{\circ}18'29''$$

##### 3. Cálculo del radio de la curva

$$R = \frac{T}{\tan \Delta/2} = \frac{20.034}{\tan 4^{\circ}4'45.5''}$$

$$R = 280.911\text{ m}$$

##### 4. Cálculo del grado de curvatura

$$G = \frac{1145.92}{R} = \frac{1145.92}{280.911\text{m}}$$

$$G = 4^{\circ}4'45.48''$$

## 5. Elementos de la curva

### ➤ Desarrollo

$$D_c = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi * 280.911 * 8^\circ 9' 31''}{180}$$

$$D_c = 40m$$

### ➤ Cuerda máxima

$$CM = 2R \sin \frac{\Delta}{2} = 2 * 280.911 * \sin 4^\circ 4' 45.5''$$

$$CM = 39.966m$$

### ➤ Mediana

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2}) = 280.911(1 - \cos 4^\circ 4' 45.5'')$$

$$M = 0.712m$$

### ➤ Externa

$$E = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = R \left[ \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1 \right] = 280.911 \left[ \left( \frac{1}{\cos 4^\circ 4' 45.5''} \right) - 1 \right]$$

$$E = 0.713m$$

### Curva de transición

$$a = 2.92m$$

$$PI = 0+079.721$$

$$L_d = 6.10m$$

$$e_{\max} = 8\%$$

## 6. Cálculo del peralte

$$e = \frac{e_{max}}{(G_{max})^2} (2G_{max} - G)G = \frac{0.08}{(9^{\circ}18'29'')^2} (2(9^{\circ}18'29'') - 4^{\circ}4'45.48'')(4^{\circ}4'45.48'')$$

$$e = 0.055 = 5.5\%$$

## 7. Cálculo del sobre ancho

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - Ld^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$Sa = 2 \left( 280.911 - \sqrt{280.911^2 - 6.10^2} \right) + \frac{60}{10\sqrt{280.911}}$$

$$Sa = 0.490m$$

## 8. Longitud de transición

$$Lt = m * a * e$$

$$m = 1.5625(V) + 75 = 1.5625(60) + 75$$

$$m = 168.750$$

$$Lt = 168.750 * 2.92 * 0.055$$

$$Lt = 27m$$

## 9. Cálculo de la distancia N

$$N = m * a * b = 168.750 * 2.92 * 0.025$$

$$N = 12.32m$$

## 10. Estacionamiento para el peralte

$$Est\ PC = Est\ PI - T = 0 + 079.721 - 20.034 \therefore Est\ PC = 0 + 059.687$$

$$Est\ PT = Est\ PC + D = 0 + 059.687 + 40 \therefore Est\ PT = 0 + 099.687$$

$$Est\ N_1 = Est\ PC - \left(\frac{2}{3}Lt + N\right) = 0 + 059.687 - \left(\frac{2}{3}(27) + 12.32\right)$$

$$Est\ N_1 = 0 + 029.368$$

$$Est\ ET = Est\ PC - \frac{2}{3}Lt = 0 + 059.687 - \frac{2}{3}(27) \therefore Est\ ET = 0 + 041.687$$

$$Est\ N_2 = Est\ ET + N = 0 + 041.687 + 12.32 \therefore Est\ N_2 = 0 + 054.006$$

$$Est\ D = Est\ PC + \frac{1}{3}Lt = 0 + 059.687 + \frac{1}{3}(27) \therefore Est\ D = 0 + 068.687$$

$$Est\ D' = Est\ PT - \frac{1}{3}Lt = 0 + 099.687 - \frac{1}{3}(27) \therefore Est\ D' = 0 + 090.687$$

### Comprobación

$$EstD' - EstD \geq \frac{1}{3}D$$

$$0 + 090.687 - 0 + 068.687 \geq \frac{1}{3}(40)$$

$$22 \geq 13.33$$

$$N_3 = Est\ PT + \left(\frac{2}{3}Lt - N\right) = 0 + 099.687 + \left(\frac{2}{3}(27) - 12.32\right)$$

$$Est\ N_3 = 0 + 105.367$$

$$Est\ TT = Est\ N_3 + N = 0 + 105.367 + 12.32 \therefore Est\ TT = 0 + 117.687$$

$$Est\ N_4 = Est\ TT + N = 0 + 117.687 + 12.32 \therefore Est\ N_4 = 0 + 130.007$$

Se tiene entonces que para estos puntos el valor del peralte es el siguiente:

**Tabla 2.7:** Desarrollo del peralte en curva horizontal 1

Punto	Estación	Peralte Izq. (%)	Peralte Der (%)
<b>N<sub>1</sub></b>	0+029.368	-2.5	-2.5
<b>ET</b>	0+041.687	0	-2.5
<b>N<sub>2</sub></b>	0+054.006	2.5	-2.5
<b>D</b>	0+068.687	5.5	-5.5
<b>D'</b>	0+090.687	5.5	-5.5
<b>N<sub>3</sub></b>	0+105.367	2.5	-2.5
<b>TT</b>	0+117.687	0	-2.5
<b>N<sub>4</sub></b>	0+130.007	-2.5	-2.5

Fuente: Propia

Para el cálculo del peralte y el Sobre ancho en cualquier punto se utilizan las siguientes ecuaciones:

**Tabla 2.8:** Ecuaciones para el desarrollo del peralte y sobreancho

PERALTE			
Hombro Izq.	Tramo de:	Hombro Der.	Tramo de:
$e_x = \frac{e}{Lt} (Est\ x - Est\ ET)$	$N_1\ a\ D$	$e_x = \frac{b}{N} (Est\ x - Est\ ET)$	$N_2\ a\ D$
$e_x = \frac{e}{Lt} (Est\ x - Est\ TT)$	$D'\ a\ N_4$	$e_x = \frac{b}{N} (Est\ x - Est\ TT)$	$N_3\ a\ D'$
SOBREANCHO			
$Sa_x = \frac{Sa}{Lt} (Est\ x - Est\ ET)$	$N_1\ a\ D$	$Sa_x = \frac{Sa}{Lt} (Est\ x - Est\ TT)$	$D'\ a\ N_4$

Fuente: UNI. Diseño y cálculo geométrico de viales – Alineamiento horizontal

Entonces tenemos que:

**Tabla 2.9:** Resultados de la curva horizontal 1

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+029.368	- 2.5	- 2.5	0	12.32
	0+030	- 2.38	- 2.5	0	11.69
	0+040	- 0.34	- 2.5	0	1.69
ET	0+041.687	0	- 2.5	0	0
	0+050	1.69	- 2.5	0.151	8.31
N <sub>2</sub>	0+054.006	2.5	- 2.5	0.224	12.32
PC	0+059.687	3.67	- 3.67	0.327	18.00
	0+060	3.73	- 3.73	0.332	18.31
D	0+068.687	5.5	- 5.5	0.490	27
	0+070	5.5	- 5.5	0.490	
	0+080	5.5	- 5.5	0.490	
	0+090	5.5	- 5.5	0.490	
D'	0+090.687	5.5	- 5.5	0.490	27
PT	0+099.687	3.67	- 3.67	0.327	18.00
	0+100	3.60	- 3.60	0.321	17.69
N <sub>3</sub>	0+105.367	2.5	- 2.5	0.224	12.32
	0+110	1.57	- 2.5	0.140	7.69
TT	0+117.687	0	- 2.5	0	0
	0+120	- 0.47	- 2.5	0	2.31
N <sub>4</sub>	0+130.007	- 2.5	- 2.5	0	12.32

Fuente: Propia

### Replanteo de la curva

La longitud de cuerda correspondiente es de 20 m dado que el grado de curvatura está entre 00°00' - 06°00' teniendo en cuenta lo que señala la tabla 2.3, pero como la longitud de la curva es corta se puede tomar como cuerda máxima una longitud de 10m con el fin de proporcionar un mejor resultado en el replanteo.

Se utilizara la ecuación 2.10

$$\delta = \frac{1.5 * Gc * L}{60}$$

$$\delta = \frac{1.5 * 4^{\circ}4'45.48'' * 0.313}{60} = 0^{\circ}01'55''$$

$$\delta = \frac{1.5 * 4^{\circ}4'45.48'' * 9.687}{60} = 0^{\circ}59'16.46''$$

$$\delta = \frac{1.5 * 4^{\circ}4'45.48'' * 10}{60} = 1^{\circ}01'11.37''$$

**Tabla 2.10:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 1.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+059.687	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+060	0.313	0°01'55''	0°01'55''
	0+070	10	1°01'11.37''	1°03'6.37''
	0+080	10	1°01'11.37''	2°04'17.74''
	0+090	10	1°01'11.37''	3°05'29.11''
PT	0+099.687	9.687	0°59'16.46''	4°04'45.57''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.07'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados.

## Curva Horizontal 2

Datos

$$V = 60\text{km/h}$$

$$\Delta = 28^{\circ}47'27''$$

$$f = 0.15$$

$$\Delta/2 = 14^{\circ}23'43.5''$$

$$T = 40.863\text{m}$$

$$R_{\min} = 123.11\text{m}$$

$$G_{\max} = 9^{\circ}18'29''$$

### 1. Cálculo del radio de la curva

$$R = \frac{T}{\tan \Delta/2} = \frac{40.863}{\tan 14^{\circ}23'43.5''}$$

$$R = 159.204\text{ m}$$

### 2. Cálculo del grado de curvatura

$$G = \frac{1145.92}{R} = \frac{1145.92}{159.204\text{m}}$$

$$G = 7^{\circ}11'52.11''$$

### 3. Elementos de la curva

#### ➤ Desarrollo

$$Dc = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi * 159.204 * 28^{\circ}47'27''}{180}$$

$$Dc = 80\text{m}$$



➤ **Cuerda máxima**

$$CM = 2R \sin \frac{\Delta}{2} = 2 * 159.204 * \sin 14^\circ 23' 43.5''$$

$$CM = 79.160m$$

➤ **Mediana**

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2}) = 159.204(1 - \cos 14^\circ 23' 43.5'')$$

$$M = 4.999m$$

➤ **Externa**

$$E = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = R \left[ \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - 1 \right] = 159.204 \left[ \left( \frac{1}{\cos 14^\circ 23' 43.5''} \right) - 1 \right]$$

$$E = 5.161$$

**Curva de transición**

$$a = 2.92m$$

$$PI = 0+219.356$$

$$Ld = 6.10m$$

$$e_{\max} = 8\%$$

**4. Cálculo del peralte**

$$\begin{aligned} e &= \frac{e_{\max}}{(G_{\max})^2} (2G_{\max} - G)G \\ &= \frac{0.08}{(9^\circ 18' 29'')^2} (2(9^\circ 18' 29'') - 7^\circ 11' 52.11'')(7^\circ 11' 52.11'') \end{aligned}$$

$$e = 0.076 = 7.6\%$$

## 5. Cálculo del sobre ancho

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - Ld^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$Sa = 2 \left( 159.204 - \sqrt{159.204^2 - 6.10^2} \right) + \frac{60}{10\sqrt{159.204}}$$

$$Sa = 0.709m$$

## 6. Longitud de transición

$$Lt = m * a * e$$

$$m = 1.5625(V) + 75 = 1.5625(60) + 75$$

$$m = 168.750$$

$$Lt = 168.750 * 2.92 * 0.055$$

$$Lt = 37.39 \approx 40m$$

## 7. Cálculo de la distancia N

$$N = m * a * b = 168.750 * 2.92 * 0.025$$

$$N = 12.32m$$

## 8. Estacionamiento para el peralte

$$Est\ PC = Est\ PI - T = 0 + 219.356 - 40.863 \therefore Est\ PC = 0 + 178.493$$

$$Est\ PT = Est\ PC + D = 0 + 178.493 + 80 \therefore Est\ PT = 0 + 258.493$$

$$Est\ N_1 = Est\ PC - N = 0 + 178.493 - 12.32 \therefore Est\ N_1 = 0 + 166.173$$

$$Est\ ET = Est\ PC \therefore Est\ ET = 0 + 178.493$$

$$Est\ N_2 = Est\ ET + N = 0 + 178.493 + 12.32 \therefore Est\ N_2 = 0 + 190.813$$

$$Est\ D = Est\ ET + Lt = 0 + 178.493 + 40 \therefore Est\ D = 0 + 218.493$$

$$Est\ D' = Est\ PT - Lt = 0 + 258.493 - 40 \therefore Est\ D' = 0 + 218.493$$

$$N_3 = Est PT - N = 0 + 258.493 - 12.32 \therefore Est N_3 = 0 + 246.173$$

$$Est TT = Est PT \therefore Est TT = 0 + 258.493$$

$$Est N_4 = Est PT + N = 0 + 258.493 + 12.32 \therefore Est N_4 = 0 + 270.813$$

Se tiene entonces que para estos puntos el valor del peralte es el siguiente:

**Tabla 2.11:** Desarrollo del peralte en curva horizontal 2

Punto	Estación	Peralte Izq. (%)	Peralte Der (%)
<b>N<sub>1</sub></b>	0+166.173	-2.5	-2.5
<b>ET</b>	0+178.493	0	-2.5
<b>N<sub>2</sub></b>	0+190.813	2.5	-2.5
<b>D</b>	0+218.493	7.6	-7.6
<b>D'</b>	0+218.493	7.6	-7.6
<b>N<sub>3</sub></b>	0+246.173	2.5	-2.5
<b>TT</b>	0+258.493	0	-2.5
<b>N<sub>4</sub></b>	0+270.813	-2.5	-2.5

Fuente: Propia

Para el cálculo del peralte y el Sobre ancho en cualquier punto se utilizan las Siguietes ecuaciones:

PERALTE			
Hombro Izq.	Tramo de:	Hombro Der.	Tramo de:
$e_x = \frac{e}{Lt} (Est x - Est ET)$	$N_1 a D$	$e_x = \frac{b}{N} (Est x - Est ET)$	$N_2 a D$
$e_x = \frac{e}{Lt} (Est x - Est TT)$	$D' a N_4$	$e_x = \frac{b}{N} (Est x - Est TT)$	$N_3 a D'$
SOBREANCHO			
$Sa_x = \frac{Sa}{Lt} (Est x - Est ET)$	$N_1 a D$	$Sa_x = \frac{Sa}{Lt} (Est x - Est TT)$	$D' a N_4$

Entonces tenemos que:

**Tabla 2.12:** Resultados de la curva horizontal 2

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+166.173	- 2.5	- 2.5	0	12.32
	0+170	- 1.614	- 2.5	0	8.493
ET	0+178.493	0	- 2.5	0	0
	0+180	0.286	- 2.5	0.027	1.507
	0+190	2.186	- 2.5	0.204	11.507
N <sub>2</sub>	0+190.813	2.5	- 2.5	0.218	12.320
	0+200	4.086	- 4.086	0.381	21.507
	0+210	5.986	- 5.986	0.558	31.507
D – D'	0+218.493	7.6	- 7.6	0.709	40
	0+220	7.314	- 7.314	0.682	38.493
	0+230	5.414	- 5.414	0.505	28.493
	0+240	3.514	- 3.514	0.328	18.493
N <sub>3</sub>	0+246.173	2.5	- 2.5	0.218	12.32
	0+250	1.614	- 2.5	0.151	8.493
TT	0+258.493	0	- 2.5	0	0
	0+260	- 0.286	- 2.5	0	1.507
	0+270	- 2.186	- 2.5	0	11.507
N <sub>4</sub>	0+270.813	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia

### Replanteo de la curva

La longitud de cuerda correspondiente es de 10 m dado que el grado de curvatura está entre 06°00' - 06°00' teniendo en cuenta lo que señala la 2.3

Se utilizara la ecuación 2.10

$$\delta = \frac{1.5 * Gc * L}{60}$$

$$\delta = \frac{1.5 * 7^{\circ}11'52.11'' * 1.507}{60} = 0^{\circ}16'16.24''$$

$$\delta = \frac{1.5 * 7^{\circ}11'52.11'' * 8.493}{60} = 1^{\circ}31'41.79''$$

$$\delta = \frac{1.5 * 7^{\circ}11'52.11'' * 10}{60} = 1^{\circ}47'58.03''$$

**Tabla 2.13:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 2.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+178.493	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+180	1.507	0°16'16.24''	0°16'16.24''
	0+190	10	1°47'58.03''	2°04'14.27''
	0+200	10	1°47'58.03''	3°52'12.3''
	0+210	10	1°47'58.03''	5°40'10.33''
	0+220	10	1°47'58.03''	7°28'8.36''
	0+230	10	1°47'58.03''	9°16'6.39''
	0+240	10	1°47'58.03''	11°04'4.42''
	0+250	10	1°47'58.03''	12°52'24.5''
PT	0+258.493	8.493	1°31'41.79''	14°23'44.24''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.74'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las demás curvas

### Curva Horizontal 3

Datos

V = 60km/h	$\Delta = 21^{\circ}33'34''$	D = 70 m
f = 0.15	$\Delta/2 = 10^{\circ}46'47''$	CM = 69.588
T = 35.419m	R = 186.031 m	E = 3.342 m

**Tabla 2.14:** Resultados de la curva horizontal 3

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+275.574	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+280	- 1.161	- 2.5	0	7.894
ET	0+287.894	0	- 2.5	0	0
	0+290	0.427	- 2.5	0.039	2.106
	0+300	2.456	- 2.5	0.221	12.106
N <sub>2</sub>	0+300.214	2.5	- 2.5	0.225	12.320
	0+310	4.484	- 4.484	0.404	22.106
	0+320	6.513	- 6.513	0.587	32.106
D – D'	0+322.894	7.1	- 7.1	0.640	35
	0+330	5.658	- 5.658	0.510	27.894
	0+340	3.630	- 3.630	0.327	17.894
N <sub>3</sub>	0+345.574	2.5	- 2.5	0.225	12.320
	0+350	1.601	- 2.5	0.144	7.894
TT	0+257.894	0	- 2.5	0	0
	0+360	- 0.427	- 2.5	0	2.106
	0+370	- 2.456	- 2.5	0	12.106
N <sub>4</sub>	0+370.214	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia

**Tabla 2.15:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 3.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+287.894	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+290	2.106	0°19'27.54''	0°19'27.54''
	0+300	10	1°32'23.86''	1°51'51.4''
	0+310	10	1°32'23.86''	3°24'15.26''
	0+320	10	1°32'23.86''	4°56'39.12''
	0+330	10	1°32'23.86''	6°29'2.98''
	0+340	10	1°32'23.86''	8°01'26.84''
	0+350	10	1°32'23.86''	10°46'47.03''
PT	0+357.894	7.894	1°12'56.33''	10°46'47.03''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.03'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados.

### Curva Horizontal 4

#### Datos

$V = 60\text{km/h}$	$\Delta = 13^{\circ}20'45''$	$D = 60\text{ m}$
$f = 0.15$	$\Delta/2 = 6^{\circ}40'22.5''$	$CM = 59.864\text{ m}$
$T = 30.136\text{m}$	$R = 257.586\text{ m}$	$E = 1.757\text{ m}$

**Tabla 2.16:** Resultados de la curva horizontal 4.

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+374.880	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+380	- 2.5	- 2.464	0	7.200
ET	0+387.2	- 2.5	0	0	0
	0+390	- 2.5	0.560	0.050	2.800
N <sub>2</sub>	0+399.520	- 2.5	2.5	0.220	12.320
	0+400	- 2.560	2.560	0.229	12.800
	0+410	- 4.560	4.560	0.407	22.800
D	0+416.2	- 5.8	5.8	0.518	29
D'	0+418.2	- 5.8	5.8	0.518	29
	0+420	-5.440	- 5.440	0.486	27.200
	0+430	- 3.440	- 3.440	0.307	17.200
N <sub>3</sub>	0+434.880	- 2.5	2.5	0.220	12.320
	0+440	- 2.5	1.440	0.129	7.200
TT	0+447.2	- 2.5	0	0	0
	0+450	- 2.5	- 0.560	0	2.8
N <sub>4</sub>	0+459.52	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia



**Tabla 2.17:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 4.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+387.200	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+390	2.800	0°18'41.07''	0°18'41.07''
	0+400	10	1°06'43.81''	1°25'24.88''
	0+410	10	1°06'43.81''	2°32'08.69''
	0+420	10	1°06'43.81''	3°38'52.5''
	0+430	10	1°06'43.81''	4°45'36.31''
	0+440	10	1°06'43.81''	5°52'20.12''
PT	0+447.200	7.200	0°48'2.75''	6°40'22.87''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.37'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados.

### Curva Horizontal 5

#### Datos

$V = 60\text{km/h}$	$\Delta = 8^{\circ}54'38''$	$D = 60\text{ m}$
$f = 0.15$	$\Delta/2 = 4^{\circ}27'19''$	$CM = 59.940\text{ m}$
$T = 30.061\text{m}$	$R = 385.811\text{ m}$	$E = 1.169\text{ m}$

**Tabla 2.18:** Resultados de la curva horizontal 5.

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
$N_1$	0+514.482	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+520	- 2.5	- 1.330	0	6.803
ET	0+526.803	- 2.5	0	0	0
	0+530	- 2.5	0.625	0.058	3.197
$N_2$	0+539.122	- 2.5	2.5	0.225	12.319
	0+540	- 2.579	2.579	0.241	13.197
D	0+548.802	- 4.3	4.3	0.402	22
	0+550	- 4.3	4.3	0.402	
	0+560	- 4.3	4.3	0.402	
D'	0+564.802	- 4.3	4.3	0.402	22
	0+570	- 3.284	3.284	0.307	16.802
$N_3$	0+574.482	- 2.5	2.5	0.225	12.320
	0+580	- 2.5	1.329	0.124	6.802
TT	0+586.802	- 2.5	0	0	0
	0+590	- 2.5	- 0.625	0	3.198
$N_4$	0+599.122	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia

**Tabla 2.19:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 5.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+526.803	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+530	3.197	0°14'14.6''	0°14'14.6''
	0+540	10	0°44'33.14''	0°58'47.74''
	0+550	10	0°44'33.14''	1°43'20.88''
	0+560	10	0°44'33.14''	2°27'54.02''
	0+570	10	0°44'33.14''	3°12'27.16''
	0+580	10	0°44'33.14''	3°57'0.3''
PT	0+586.802	6.802	0°30'18.27''	4°27'18.57''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.37'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados.

### Curva Horizontal 6

#### Datos

$V = 60 \text{ km/h}$                        $\Delta = 60^\circ 55' 23''$                        $D = 60 \text{ m}$   
 $f = 0.15$                        $\Delta/2 = 30^\circ 27' 41.5''$                        $CM = 57.212 \text{ m}$   
 $T = 33.187 \text{ m}$     $R = 56.427 \text{ m}$                        $E = 9.036 \text{ m}$

**Tabla 2.20:** Resultados de la curva horizontal 6

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+614.445	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+620	- 2.5	- 1.353	0	6.765
ET	0+626.765	- 2.5	0	0	0
	0+630	- 2.5	0.647	0.157	3.235
N <sub>2</sub>	0+639.085	- 2.5	2.5	0.600	12.320
	0+640	- 2.647	2.647	0.644	13.235
	0+650	- 4.647	4.647	1.131	23.235
D – D'	0+656.765	- 6	6	1.460	30
	0+660	- 5.353	5.353	1.303	26.765
	0+670	- 3.353	3.353	0.816	16.765
N <sub>3</sub>	0+674.445	- 2.5	2.5	0.600	12.320
	0+680	- 2.5	1.353	0.326	6.765
TT	0+686.765	- 2.5	0	0	0
	0+690	- 2.5	- 0.647	0	3.235
N <sub>4</sub>	0+699.085	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia

**Tabla 2.21:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 6.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+626.765	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+630	3.235	1°38'32.68''	1°38'32.68''
	0+640	10	5°04'37.22''	6°43'09.9''
	0+650	10	5°04'37.22''	11°47'47.12''
	0+660	10	5°04'37.22''	16°52'24.34''
	0+670	10	5°04'37.22''	21°57'01.56''
	0+680	10	5°04'37.22''	27°01'38.78''
PT	0+699.085	6.765	3°26'04.54''	30°27'43.32''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 1.82'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados

### Curva Horizontal 7

#### Datos

$V = 60\text{km/h}$	$\Delta = 49^{\circ}32'45''$	$D = 108.09\text{ m}$
$f = 0.15$	$\Delta/2 = 24^{\circ}46'22.5''$	$CM = 104.755\text{ m}$
$T = 57.686\text{m}$	$R = 124.999\text{ m}$	$E = 12.669\text{ m}$

**Tabla 2.22:** Resultados de la curva horizontal 7.

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
N <sub>1</sub>	0+713.497	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+720	- 1.163	- 2.5	0	5.817
ET	0+725.817	0	- 2.5	0	0
	0+730	0.837	- 2.5	0.087	4.183
N <sub>2</sub>	0+738.137	2.5	- 2.5	0.257	12.320
	0+740	2.837	- 2.837	0.296	14.183
	0+750	4.837	-4.837	0.505	24.183
	0+760	6.837	- 6.837	0.714	34.183
D	0+765.817	8	- 8	0.835	40
	0+780	8	- 8	0.835	
	0+790	8	- 8	0.835	
D'	0+793.910	8	- 8	0.835	40
	0+800	6.782	- 6.782	0.708	33.910
	0+810	4.782	- 4.782	0.499	23.910
	0+820	2.782	- 2.782	0.290	13.910
N <sub>3</sub>	0+821.590	2.5	- 2.5	0.257	12.320
	0+830	0.782	- 2.5	0.082	3.910
TT	0+833.910	0	- 2.5	0	0
	0+840	- 1.218	- 2.5	0	6.09
N <sub>4</sub>	0+846.230	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia

**Tabla 2.23:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 7.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+725.817	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+730	4.183	0°57'31.26''	0°57'31.26''
	0+740	10	2°17'30.69''	3°15'01.95''
	0+750	10	2°17'30.69''	5°32'32.64''
	0+760	10	2°17'30.69''	7°50'03.33''
	0+770	10	2°17'30.69''	10°07'34.02''
	0+780	10	2°17'30.69''	12°25'04.71''
	0+790	10	2°17'30.69''	14°42'35.4''
	0+800	10	2°17'30.69''	17°00'06.09''
	0+810	10	2°17'30.69''	19°17'36.78''
	0+820	10	2°17'30.69''	21°35'07.47''
	0+830	10	2°17'30.69''	23°52'38.16''
PT	0+846.230	3.910	0°53'46.02''	24°46'24.18''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 1.68'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados

### Curva Horizontal 8

#### Datos

$V = 60\text{km/h}$	$\Delta = 8^{\circ}13'42''$	$D = 60\text{ m}$
$f = 0.15$	$\Delta/2 = 4^{\circ}06'51''$	$CM = 59.951\text{ m}$
$T = 30.053\text{m}$	$R = 417.812\text{ m}$	$E = 1.079\text{ m}$

**Tabla 2.24:** Resultados de la curva horizontal 8.

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Dist
		Hombro Izq.	Hombro Der.		
$N_1$	0+877.047	- 2.5	- 2.5	0	12.320
	0+880	- 2.5	- 1.873	0	9.307
ET	0+889.367	- 2.5	0	0	0
	0+890	- 2.5	0.127	0.012	0.633
$N_2$	0+891.687	- 2.5	2.5	0.044	2.320
	0+900	- 3.460	3.460	0.204	10.633
D	0+909.367	- 4	4	0.383	20
	0+910	- 4	4	0.383	
	0+920	- 4	4	0.383	
D'	0+929.367	- 4	4	0.383	20
	0+930	- 3.873	3.873	0.371	19.367
$N_3$	0+937.047	- 2.5	2.5	0.236	12.320
	0+940	- 2.5	1.873	0.179	9.367
TT	0+949.367	- 2.5	0	0	0
	0+950	- 2.5	- 0.127	0	0.633
	0+960	- 2.5	- 2.127		10.633
$N_4$	0+961.687	- 2.5	- 2.5	0	12.320

Fuente: Propia



**Tabla 2.25:** Resultado del replanteo de la curva horizontal 8.

Punto	Estación	Cuerda	Deflexión	Deflexión Acumulada
PC	0+889.367	0	0°00'00''	0°00'00''
	0+890	0.633	0°02'36.25''	0°02'36.25''
	0+900	10	0°41'08.4''	0°43'44.65''
	0+910	10	0°41'08.4''	1°24'53.05''
	0+920	10	0°41'08.4''	2°06'01.45''
	0+930	10	0°41'08.4''	2°47'09.85''
	0+940	10	0°41'08.4''	3°28'50.4''
PT	0+949.367	9.367	0°38'32.15''	4°06'50.4''

Fuente: Propia

Se obtuvo un error de cierre de 0.6'' menor que el permitido 1'. El cual obedece a la precisión de los cálculos realizados

### 2.1.8 Cálculos de curvas verticales.

#### Curva Vertical Nº 1

$$\text{EST PIV} = 0+120$$

$$\text{Elev PIV} = 102.00$$

$$P_i = 1.917\%$$

$$P_d = -0.535\%$$

$$V = 60\text{Km/h}$$

$$B = 2.5\%$$

#### 1) Diferencia algebraica de las pendientes

$$A = P_d - P_i$$

$$A = -0.535 - 1.917$$

$$A = -2.452\%$$

$$|2.452| > 0.5\% \text{ Se diseña la curva}$$

Como A es negativa la curva esta en cresta

#### 2) Cálculo de la distancia de parada

$$D_p = 0.278vt + \frac{v^2}{254(f - P_m)}$$

$$D_p = 0.278(60)(2.5) + \frac{60^2}{254(0.34 - 0.01917)}$$

$$D_p = 85.877m$$

### 3) Cálculo de la longitud de la curva

$$L = \frac{A * Dp^2}{120 + 3.5Dp}$$

$$L = \frac{2.452 * (85.877)^2}{120 + 3.5(85.877)}$$

$$L = 42.997m$$

ASSHTO

$$K = 13 \quad L = K * AL = 13 * 2.452L = 31.876m$$

Se redondea a un múltiplo de 20 por lo tanto

$$L = 60m$$

### 4) Estaciones

Curva simétrica

$$Est\ PCV = Est\ PIV - \frac{L}{2}$$

$$Est\ PCV = 0 + 120 - \frac{60}{2} \therefore Est\ PCV = 0 + 090$$

$$Est\ PTV = Est\ PIV + \frac{L}{2}$$

$$Est\ PTV = 0 + 120 + \frac{60}{2} \therefore Est\ PCV = 0 + 150$$

Longitud de la rama

$$Lr = \frac{L}{2} \therefore Lr = \frac{60}{2} = 30m$$

### 5) Elevaciones

$$Elev\ PCV = Elev\ PIV \pm PiLr$$

$$Elev\ PCV = 102 - 0.01917(30)$$

$$Elev\ PCV = 101.430$$

$$Elev\ PTV = Elev\ PIV \pm PdLr$$

$$Elev\ PTV = 102 - 0.00535(30)$$

$$Elev\ PTV = 101.840$$

## 6) Cálculo de las ordenadas

Para ambas ramas

$$Vid = \frac{Pd - Pi}{2L} * \frac{Ld}{Li} * Xid^2$$

$$Vid = \frac{-0.00535 - 0.01917}{2(60)} * \frac{30}{30} * Xid^2$$

$$Vid = -2.043 \times 10^{-4} Xid^2$$

Para X=10

$$Vid = -2.043 \times 10^{-4} (10)^2 = -0.020$$

Para X=20

$$Vid = -2.043 \times 10^{-4} (20)^2 = -0.082$$

Ordenada vertical

$$e = \frac{Pd - Pi}{2L} * Li * Ld$$

$$e = \frac{-0.00535 - 0.01917}{2(60)} * 30 * 30$$

$$e = -0.184m$$

## 7) Cálculo de las elevaciones sobre la tangente

Para la rama Izquierda

Para la rama Derecha

$$X = 10$$

$$Es/t = Elev\ PCV \pm PiXi \quad Es/t = Elev\ PTV \pm PdXi$$

$$Es/t = 101.430 + 0.01917(10) \quad Es/t = 101.840 + 0.00535(10)$$

$$Es/t = 101.622 \quad Es/t = 101.894$$

## 8) Cálculo de las elevaciones sobre la curva

$$Es/c = Es/t \pm Vid$$

V se suma si la curva esta en Columpio y se resta si esta en Cresta

Para X = 10

$$Es/c = 101.622 - 0.020$$

$$Es/c = 101.602$$

## 9) Punto más alto y punto más bajo

**Tabla 2.26:** Punto más alto y más bajo de la CV 1

Punto más alto		Punto más bajo	
Estación	0+140	Estación	0+090
Elevación	101.874	Elevación	101.430

Fuente: Propia

**Tabla 2.27:** Resultados de la curva vertical 1

Punto	Est	X	V	Es/t	Es/c
<b>PCV</b>	0+090	0	0	101.430	101.430
	0+100	10	-0.020	101.622	101.602
	0+110	20	-0.082	101.813	101.731
<b>PIV</b>	0+120	30	-0.184	102.000	101.816
	0+130	20	-0.082	101.947	101.865
	0+140	10	-0.020	101.894	101.874
<b>PTV</b>	0+150	0	0	101.840	101.840

Fuente: Propia

### Curva Vertical N° 4

$$\text{EST PIV} = 0+747.726$$

$$\text{Elev PIV} = 106.420$$

$$P_i = 2.067\%$$

$$P_d = -1.101\%$$

$$V = 60\text{Km/h}$$

$$B = 2.5\%$$

#### 1) Diferencia algebraica de las pendientes

$$A = P_d - P_i$$

$$A = -1.101 - 2.067$$

$$A = -3.168\%$$

$$|3.168| > 0.5\% \text{ Se diseña la curva}$$

Como A es negativa la curva esta en cresta

#### 2) Cálculo de la distancia de parada

$$D_p = 0.278vt + \frac{v^2}{254(f - P_m)}$$

$$D_p = 0.278(60)(2.5) + \frac{60^2}{254(0.34 - 0.02067)}$$

$$D_p = 86.084\text{m}$$

#### 3) Cálculo de la longitud de la curva

$$L = \frac{A * D_p^2}{120 + 3.5D_p}$$

$$L = \frac{3.168 * (86.084)^2}{120 + 3.5(86.084)}$$

$$L = 55.725\text{m}$$

ASSHTO

$$K = 13 \quad L = K * AL = 13 * 3.168L = 41.184m$$

Para mayor seguridad tomo el criterio de Dp; redondeado a término de 20

$$L = 60m$$

#### 4) Estaciones

Curva simétrica

$$Est\ PCV = Est\ PIV - \frac{L}{2}$$

$$Est\ PCV = 0 + 747.726 - \frac{60}{2} \therefore Est\ PCV = 0 + 717.726$$

$$Est\ PTV = Est\ PIV + \frac{L}{2}$$

$$Est\ PTV = 0 + 747.726 + \frac{60}{2} \therefore Est\ PTV = 0 + 777.726$$

Longitud de la rama

$$Lr = \frac{L}{2} \therefore Lr = \frac{60}{2} = 30m$$

#### 5) Elevaciones

$$Elev\ PCV = Elev\ PIV \pm PiLr$$

$$Elev\ PCV = 106.420 - 0.02067(30)$$

$$Elev\ PCV = 105.800$$

$$Elev\ PTV = Elev\ PIV \pm PdLr$$

$$Elev\ PTV = 106.420 - 0.01101(30)$$

$$Elev\ PTV = 106.090$$

## 6) Cálculo de las ordenadas

Para ambas ramas

$$Vid = \frac{Pd - Pi}{2L} * \frac{Ld}{Li} * Xid^2$$

$$Vid = \frac{-0.01101 - 0.02067}{2(60)} * \frac{30}{30} * Xid^2$$

$$Vid = -2.640 \times 10^{-4} Xid^2$$

Para X=2.274

$$Vid = -2.640 \times 10^{-4} (2.274)^2 = -0.001$$

Para X=12.274

$$Vid = -2.640 \times 10^{-4} (12.274)^2 = -0.040$$

Ordenada vertical

$$e = \frac{Pd - Pi}{2L} * Li * Ld$$

$$e = \frac{-0.01101 - 0.02067}{2(60)} * 30 * 30$$

$$e = -0.238m$$

## 7) Calculo de las elevaciones sobre la tangente

Para la rama Izquierda

Para la rama Derecha

$$X = 2.274$$

$$Es/t = Elev\ PCV \pm PiXi \quad Es/t = Elev\ PTV \pm PdXi$$

$$Es/t = 105.800 + 0.02067(2.274) \quad Es/t = 106.090 + 0.01101(7.726)$$

$$Es/t = 105.847 \quad Es/t = 106.175$$



## 8) Cálculo de las elevaciones sobre la curva

$$Es/c = Es/t \pm Vid$$

V se suma si la curva esta en Columpio y se resta si esta en Cresta

Para  $X = 2.274$

$$Es/c = 105.847 - 0.001$$

$$Es/c = 105.846$$

## 9) Punto más alto y punto más bajo

**Tabla 2.28:** Punto más alto y más bajo de la CV 4

Punto más alto		Punto más bajo	
Estación	0+760	Estación	0+717.73
Elevación	106.202	Elevación	105.800

Fuente: Propia

**Tabla 2.29:** Resultados de la curva vertical 4

Punto	Est	X	V	Es/t	Es/c
<b>PCV</b>	0+717.726	0	0	105.800	105.800
	0+720	2.274	-0.001	105.847	105.846
	0+730	12.274	-0.040	106.054	106.014
	0+740	22.274	-0.131	106.260	106.129
<b>PIV</b>	0+747.726	30	-0.238	106.420	106.182
	0+750	27.276	-0.203	106.395	106.192
	0+760	17.276	-0.083	106.285	106.202
	0+770	7.276	-0.016	106.175	106.159
<b>PTV</b>	0+777.726	0	0	106.090	106.090

Fuente: Propia

A continuación se muestran las tablas de resultados para las curvas verticales N° 2, N°3 y N° 5

### Curva Vertical N° 2

EST PIV = 0+340

Elev PIV = 100.820

Pi = -0.535%

Pd = 0.651%

V = 60Km/h

B = 2.5%

**Tabla 2.30:** Punto más alto y más bajo de la CV 2

Punto más alto		Punto más bajo	
Estación	0+360	Estación	0+340
Elevación	100.950	Elevación	100.879

Fuente: Propia

**Tabla 2.31:** Resultados de la curva vertical 2

Punto	Est	X	V	Es/t	Es/c
<b>PCV</b>	0+320	0	0	100.927	100.927
	0+325	5	0.004	100.900	100.904
	0+330	10	0.015	100.874	100.888
	0+335	15	0.033	100.847	100.880
<b>PIV</b>	0+340	20	0.059	100.820	100.879
	0+345	15	0.033	100.853	100.886
	0+350	10	0.015	100.885	100.900
	0+355	5	0.004	100.918	100.921
<b>PTV</b>	0+360	0	0	100.950	100.950

Fuente: Propia

### Curva Vertical Nº 3

EST PIV = 0+540

Elev PIV = 102.120

Pi = 0.651%

Pd = 2.067%

V = 60Km/h

B = 2.5%

**Tabla 2.32:** Punto más alto y más bajo de la CV 3

Punto más alto		Punto más bajo	
Estación	0+560	Estación	0+520
Elevación	102.533	Elevación	101.990

Fuente: Propia

**Tabla 2.33:** Resultados de la curva vertical 3

Punto	Est	X	V	Es/t	Es/c
<b>PCV</b>	0+520	0	0	101.990	101.990
	0+525	5	0.004	102.022	102.027
	0+530	10	0.018	102.055	102.073
	0+535	15	0.040	102.087	102.127
<b>PIV</b>	0+540	20	0.071	102.120	102.191
	0+545	15	0.040	102.223	102.263
	0+550	10	0.018	102.327	102.344
	0+555	5	0.004	102.430	102.434
<b>PTV</b>	0+560	0	0	102.533	102.533

Fuente: Propia

## Curva Vertical Nº 5

EST PIV = 0+900.511

Elev PIV = 104.740

Pi = -1.101%

Pd = 0.640%

V = 60Km/h

B = 2.5%

**Tabla 2.34:** Punto más alto y más bajo de la CV 5

Punto más alto		Punto más bajo	
Estación	0+880.51	Estación	0+905
Elevación	104.960	Elevación	104.821

Fuente: Propia

**Tabla 2.35:** Resultados de la curva vertical 5

Punto	Est	X	V	Es/t	Es/c
<b>PCV</b>	0+880.511	0	0	104.960	104.960
	0+885	4.489	0.004	104.911	104.915
	0+890	9.489	0.020	104.856	104.875
	0+895	14.489	0.046	104.801	104.846
	0+900	19.489	0.083	104.746	104.828
<b>PIV</b>	0+900.511	20	0.087	104.740	104.827
	0+905	15.511	0.052	104.769	104.821
	0+910	10.511	0.024	104.801	104.825
	0+915	5.511	0.007	104.833	104.839
	0+920	0.511	0.000	104.865	104.865
<b>PTV</b>	0+920.511	0	0	104.868	104.868

Fuente: Propia

## **2.2 DISEÑO ESTRUCTURAL**

Una de las primeras decisiones que se debe tomar en el diseño estructural es la de cómo manejar los estudios y transformarlos en "parámetros y valores de diseño", que permitan usarlos en el método seleccionado.

### **Metodología de estudio**

Un Método que ha sido muy utilizado en nuestro medio para la determinación de espesores de pavimento en caminos rurales, es el método brasileño de Murillo López de Souza, derivado del Método W.H. Mills, el cual rige para carreteras con pavimento de adoquín en Brasil y que se adapta a las condiciones de las carreteras en Nicaragua. El Manual SIECA lo describe como, Método utilizado en caminos rurales con un tipo de tránsito medio (menos del 750 vehículos comerciales por día con 20% de carga máxima), una carga por rueda de 5 toneladas y un C.B.R. de la sub-rasante del 5% mínimo. El Método estima el espesor total del pavimento en función del IS (Índice de Soporte).

### **2.2.1 Clasificación de los pavimentos**

De manera general los pavimentos se clasifican atendiendo lo que se denomina una clasificación mecánica de su función, de esta manera:

- Pavimentos flexibles.
- Pavimentos semi- rígidos.
- Pavimentos rígidos.
- Pavimentos articulados.

Pavimento articulado o de adoquines. Está compuesto por pequeños bloques prefabricados normalmente de concreto, que se denominan en nuestro medio como adoquines; se asientan sobre un colchón de arena soportado por una capa de base o directamente sobre la sub-rasante. Su diseño como todo pavimento,

debe estar de acuerdo con la capacidad de soporte de la sub-rasante para prevenir su deformación.

### **2.2.2 Factores para el diseño**

Los factores que normalmente se consideran para este diseño son las siguientes:

1. Caracterización del material de la sub-rasante: estudios de suelos para determinación del Índice de Soporte.
2. Consideraciones sobre el tránsito y su cuantificación.
3. Determinación de la carga máxima por rueda.
4. Clasificar el régimen lluvioso en la zona donde se ubica el proyecto.
5. Determinación de los espesores.

### **Tránsito**

Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularán por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica. Ver estudio de tránsito

## **Cargas**

Normalmente se consideran varios tipos de carga por rueda<sup>i</sup>, siendo las más comunes las siguientes:

- Carga Máxima de 4 toneladas por rueda si la carretera no tiene afectaciones o las afectaciones sean mínimas de vehículos de carga pesadas.
- Para caso de carretera en donde se espera tráfico pesado se usa como carga máxima 5 toneladas por rueda.
- Carga de 6 toneladas por rueda.

## **Lluvia**

Uno de los aspectos por los cuales el Método de Murillo López ha sido tomado en cuenta en Nicaragua es por la atención que se ha dado al régimen lluvioso. Ver tabla A – 9 pág. 291 de anexo

### **2.2.3 Espesor de la estructura.**

La determinación del espesor total del pavimento se hace en función del índice soporte de la sub-rasante (IS), que será determinada en las condiciones de peso volumétrico máximo y humedad óptima. El método para el diseño de pavimento está basado en el CBR como medida de capacidad de soporte de los materiales del pavimento, siendo el valor del CBR corregido el que se denomina (IS) índice de soporte, para no confundirla con el índice de soporte California. El espesor de

---

<sup>i</sup>MTI, División General de Planificación (DGP), (CORASCO). Nicaragua, octubre (2,008). *Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos*.

pavimento sobre la sub-base será siempre el espesor mínimo de base + revestimiento (B + R).

Los materiales utilizados en el pavimento se dividen en tres categorías:

1. **Materiales de sub-rasante:** Los que, en las condiciones de compactación especificada, indican un índice de soporte inferior a 20.
2. **Materiales de sub-base:** Los que, en las condiciones de compactación especificadas, tienen un índice de soporte igual o superior a 20.
3. **Materiales de Base:** Los que, en las condiciones de compactación, poseen un índice de soporte igual o superior a 30, dependiendo del tipo de tránsito y de la carga máxima de rueda.

NOTA: El IS que se adaptará en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR ( $IS \leq CBR_{\text{diseño}}$ ). Además, en la sección de anexos se presenta la tabla A-10, los datos sombreados se utilizaron para este diseño.

#### 2.2.4 Cálculos

##### Método de Diseño

Tipo de tránsito

Carga máxima por rueda

Intensidad de lluvia anual

**Murillo López de Souza.**

Medio (747 veh/día).

5 toneladas

1400 mm/año



**Índice soporte de diseño:**

El IS (índice de soporte) que se debe adoptar en el diseño será el valor promedio de los valores suministrados por la ecuación:

$$IS = \frac{(IS = CBR \text{ de subrasante}) + (IS \text{ segun IG de subrasante})}{2}$$

➤ **IS = CBR de subrasante:**

Según el perfil del terreno y ya estando trazada la rasante, entonces podemos encontrar el CBR de diseño. Esto se realiza de la siguiente manera: identificamos a que profundidad se encuentra la rasante propuesta con respecto al terreno y cuál es el CBR en ese punto.

Si la rasante está por encima del terreno natural se tomara el CBR en ese punto con profundidad 0 y si está por debajo se tomara el CBR de esa profundidad. Ver estudio de suelo.

**Tabla 2.36** CBR de diseño

Punto	Estación	Profundidad (m)	CBR %
1	0 +000	0	80
2	0 + 250	0 - 0.20	100
3	0 + 500	1.43 – 2.47	100
4	0 + 750	0.20 – 0.40	50
5	1 + 000	0	100

**Fuente:** Propia

El CBR de diseño promedio de la sub-rasante es:

$$CBR \text{ promedio} = \frac{80 + 100 + 100 + 50 + 100}{5} = 86\%$$

CBR promedio=86%

Por lo tanto IS=86%

➤ **IS según IG de subrasante**

Para ello es necesario utilizar la siguiente tabla:

**Tabla 2.37:** Valores del IS según el IG.

Índice de grupo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	11-12	13-14	15-17	18-20
Índice Soporte	20	18	15	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2

**Fuente:** MTI. (2,008). *Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos.*

El suelo mas predominante en el sitio del proyecto es el A-2-4 con un índice de grupo 0, siendo su índice soporte correspondiente a 20 según tabla.

Por lo tanto IS=20%

**El Índice soporte de diseño será:**

$$IS = \frac{86 + 20}{2} = 53$$

Como el resultado calculado de IS=53 y el último valor de índice soporte según tabla A-10 diseño de espesores de pavimento de 5 toneladas es 20, se toma este valor y conociendo que el tránsito es medio con una precipitación de 1,400 mm/año (B), obtenemos un espesor de 20cm, por lo general este valor incluye base y sub-base y lleva incluido el incremento por lluvia.

**Se propone la siguiente estructura:**

Estructura	
Adoquín	10
Arena	5
Base	20
Espesor total (cm)	30

**Fuente:** Propia

Considerando que la arena no da ningún aporte estructural, el espesor total es de 30 cm ya que la sub-rasante es buena (su IS es de 53) esto implica menos gastos de construcción, por lo que se empleará menos cantidad de material para base son 20 cm. Este material de base se extraerá del banco de materiales San Antonio ubicado a 5 km del proyecto, presenta un CBR óptimo para base buena.

## **2.3 DISEÑO HIDRAULICO**

### **2.3.1 Sistemas de drenaje**

Se define sistema de drenaje de una vía como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera.

Dentro de esta amplia definición se distinguen diversos tipos de instalaciones encaminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretenden alejar o evacuar, o de la disposición geométrica con respecto al eje de la vía:

#### **2.3.1.1 Drenaje superficial**

Es un conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales o de deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno. Se dividen dos grupos:

**1.- Drenaje longitudinal:** Canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello se emplean elementos como las cunetas, cauces, colectores, sumideros, arquetas y bajantes.

**2.- Drenaje transversal:** Permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria, de forma que no se produzcan destrozos en esta última. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes o viaductos.

### **2.3.1.2 Drenaje profundo:**

Su misión es impedir el acceso del agua a capas superiores de la carretera especialmente al firme, por lo que debe controlar el nivel freático del terreno y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes. Emplea diversos tipos de drenes subterráneos, arquetas y tuberías de desagüe.

Es práctica habitual combinar ambos sistemas para conseguir una total y eficiente evacuación de las aguas, aunque en ocasiones –zonas muy secas o con suelos impermeables- sólo es necesario emplear dispositivos de drenaje superficial.

En el caso de este proyecto solo se empleara un drenaje superficial.

### **2.3.2 Criterios de diseño**

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse presente una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Los más destacables son:

- **Factores topográficos:** Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo –en desmonte, terraplén o a media ladera-, la tipología del relieve existente –llano, ondulado, accidentado- o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.
- **Factores hidrológicos:** Hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores del firme.

- **Factores geotécnicos:** La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condiciona la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación.

Una vez sopesados estos factores se procede al diseño de la red de drenaje, que deberá cumplir con los siguientes objetivos:

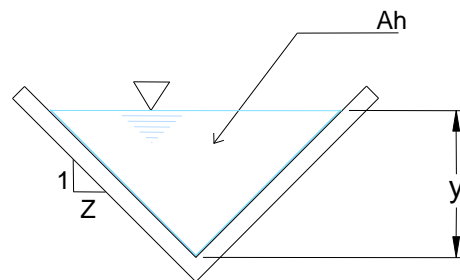
1. Evacuar de manera eficaz y lo más rápidamente posible el agua caída sobre la superficie de rodadura y los taludes de la explanación contiguos a ella. Por supuesto, deberán evitar la inundación de los tramos más deprimidos de la vía.
2. Alejar del firme el agua freática, así como los posibles acuíferos existentes, empleando para ello sistemas de drenaje profundo.
3. Prestar especial atención a los cauces naturales, tales como barrancos o ramblas, disponiendo obras de fábrica que no disminuyan su sección crítica Para **periodos de retorno** razonables. Debe recordarse que las avenidas son la principal causa mundial de destrucción de puentes.
4. No suponer un peligro añadido para la seguridad del conductor, empleando para ello taludes suaves y redondeando las aristas mediante acuerdos curvos, evitando así posibles accidentes adicionales.
5. También debe cuidarse el aspecto ambiental, procurando que produzca el menor daño posible al entorno.

### 2.3.3 Ecuaciones

En los cálculos se utilizarán algunos términos que a continuación se enuncian:

1. El drenaje será superficial, las secciones propuestas se presentan en la siguiente grafica.

**Figura 2.12:** Secciones del drenaje



**Fuente:** Propia

2. **Perímetro mojado (Pm):** Línea de intersección entre las paredes de canal y la sección del flujo. Para secciones triangulares se tiene:

$$P_m = 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (2.35)$$

3. **Área hidráulica (Ah):** Es la sección transversal por donde circula el flujo. Para secciones triangulares se tiene:

$$A_h = zy^2 \quad (2.36)$$

4. **Radio hidráulico:** Es la relación entre el área de la cuneta y el perímetro mojado, dado por:

$$R = \frac{A_h}{P_m} \quad (2.37)$$

5. Las velocidades calculadas deben encontrarse en el rango de  $0.6 \leq V \leq 7$  m/s. La velocidad media en la cuneta se puede calcular por medio de la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{\eta} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (2.38)$$

Donde:

V: velocidad media (m/s)

R: radio hidráulico (m)

S: pendiente de la cuneta

D: coeficiente de rugosidad de Manning

6. El área (A) considerada para el cálculo del caudal (QD) es la correspondiente a lotes, calles y/o avenidas que escurrirán hacia la vía en diseño.
7. El caudal de desalojo o caudal drenado

$$Q = V * A_h \quad (2.39)$$

Donde:

Q: caudal de desalojo (m<sup>3</sup>/s)

V: velocidad media (m/s)

A<sub>h</sub>: área hidráulica de la cuneta (m<sup>2</sup>)

8. El coeficiente de rugosidad que se utilizará para el cálculo de la velocidad media es:  $\eta = 0.015$  para la cuneta y 0.015 para los vados, obtenido de la siguiente tabla.

**Tabla 2.38:** Coeficiente de rugosidad

Tipo de material	$\eta$
Canales de tierra con grama	0.030
Superficial de mortero pulido	0.013
Canales de tierra	0.025
Tubos de concreto	0.013
Canales de concreto	0.015
Canales de asfalto	0.016
Canales de adoquín	0.019
Piedra cantera repellada	0.017
Canales de ladrillo de barro	0.013
Canales de bolones	0.025

**Fuente:** Fuentes, Justo Félix, (1,966). *El drenaje en carretera*, 79p San salvador, El Salvador,

9. El diseño se realizará utilizando las condiciones más críticas, es decir la menor y mayor pendiente y con el área de mayor drenaje.

### 2.3.4 Cálculos

Utilizando la tabla 1.14 de los estudios hidrológicos que son los resultados obtenidos para el área a drenar, Tiempo de concentración, Intensidad y Caudal de diseño para cada uno de los tramos en estudio, se calculara las dimensiones de la cuneta.

**Tabla 1.14:** Resumen de los cálculos obtenidos a partir del Estudio Hidrológico

Tramo	Estación Inicial	Estación Final	L(m)	S	TC (min)	I (mm/h)	A(Ha)	Q <sub>d</sub> (m³/s)
1	0+000	0+120	120	0.0192	5.000	161.803	1.145	0.180
2	0+120	0+340	220	0.0054	9.248	140.896	1.442	0.198
3	0+340	0+540	200	0.0065	8.002	146.355	1.196	0.170
4	0+540	0+747.726	200.726	0.0207	5.137	161.014	1.202	0.188
5	0+747.726	0+900.511	152.785	0.0110	5.311	160.026	0.918	0.143
6	0+900.511	1+000	99.485	0.0064	5.000	161.803	0.625	0.098

**Fuente:** Propia



### 2.3.4.1 Cuneta

A partir de los caudales de diseños mostrado anteriormente, se diseñarán las dimensiones de la cuneta que drenarán dichos caudales. Se diseñará considerando las condiciones más críticas, es decir el mayor caudal obtenido, posteriormente se hará una comparación  $Q_D$  vs  $Q$  para cada tramo, debiéndose cumplir que:  $Q_D < Q$

Se proponen cuneta con las siguientes especificaciones:

$$Q_D = 0.198 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$z = 2.5$$

$$y = 0.30 \text{ m}$$

$$\eta = 0.015$$

$$s = 0.054$$

#### 1. Área hidráulica

Utilizando la ecuación 2.36

$$A_h = 2.5(0.30)^2 = 0.225 \text{ m}^2$$

#### 2. Perímetro mojado

De la ecuación 2.35 se obtiene que:

$$P_m = 2(0.30)\sqrt{1 + (2.5)^2} = 1.616 \text{ m}$$

#### 3. Radio Hidráulico

Valorando la ecuación 2.37:

$$R = \frac{0.225 \text{ m}^2}{1.616 \text{ m}} = 0.139 \text{ m}$$

#### 4. Velocidad media

Con la ecuación 2.38

$$V_1 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.0192)^{1/2} = 2.479 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.0054)^{1/2} = 1.315 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.065)^{1/2} = 1.442 \text{ m/s}$$

$$V_4 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.0207)^{1/2} = 2.574 \text{ m/s}$$

$$V_5 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.0110)^{1/2} = 1.876 \text{ m/s}$$

$$V_6 = \frac{1}{0.015} * (0.139)^{2/3} * (0.0064)^{1/2} = 2.479 \text{ m/s}$$

#### 5. Caudal drenado

Según la ecuación 2.39 se tendrá:

$$Q_1 = 2.479 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.558 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1.315 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.296 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = 1.442 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.324 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_4 = 2.574 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.579 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_5 = 1.876 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.422 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_6 = 1.431 \text{ m/s} * 0.225 \text{ m}^2 = 0.322 \text{ m}^3/\text{s}$$

La siguiente tabla muestra una comparación de los valores obtenidos al realizar los cálculos para el caudal de diseño y el caudal de drenado:

**Tabla 2.39:** Comparación caudal de diseño y caudal drenado.

Tramos	Q <sub>D</sub> (m³/s)	Q (m³/s)	Q <sub>D</sub> < Q
1	0.180	0.558	OK
2	0.198	0.296	OK
3	0.170	0.324	OK
4	0.188	0.579	OK
5	0.143	0.422	OK
6	0.098	0.322	OK

**Fuente:** Propia

#### 2.3.4.2 Vados

Ahora se calcularán el área, el tiempo de concentración, intensidad y caudal de Diseño en las respectivas estaciones, para calcular las dimensiones del vado, que serán los mismos en sus estaciones.

Vado # 1

##### 1. Área (ha)

Acumula agua proveniente del tramo 4 (Est 0+120 – Est 0+340) y del tramo 3 (Est 0+340 – Est 0+540)

$$ha = 1.442 + 1.196 = 2.638ha$$

##### 2. Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{0.0195 * 420^{0.77}}{0.01^{0.385}} = 12.002 \text{ min}$$

### 3. Intensidad

$$I = \frac{304.0327}{12.002^{0.3463475}} = 128.565 \text{ mm/h}$$

### 4. Caudal de diseño

$$Q_d = \frac{0.70 * 128.565 * 2.638}{2 * 360} = 0.330 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Especificaciones

$$y = 0.20 \quad z = 7 \quad \eta = 0.015 \quad P_{\min} = 1\%$$

$$Ah = z + y^2 = 0.28 \text{ m}^2 Rh = \frac{ah}{pm} = \frac{0.28}{2.828} = 0.099 \text{ m}$$

$$Pm = 2y\sqrt{1+z^2} = 2.828mV_{media} = \frac{1}{0.015} * 0.099^{2/3} * 0.01^{1/2} = 1.427 \text{ m/s}$$

### 5. Caudal drenado

$$Q_D = V_{media} * Ah = 1.427 * 0.28 = 0.399 \text{ m}^3/\text{s} > 0.330 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}$$

**Tabla 2.40:** Resumen de los resultados para vados

# Vado	Est.	ha	L(m)	Pmin	Tc (min)	I (mm/h)	QD m³/s	Y (m)	Ah	Pm (m)	Rh (m)	V media	Q m³/s
1	0+340	2.638	420.000	0.01	12.00 2	128.565	0.330	0.20	0.28	2.828	0.099	1.427	0.399
2	0+560	2.398	407.726	0.01	11.73 1	129.586	0.302	0.20	0.28	2.828	0.099	1.427	0.399
3	0+920	1.544	254.274	0.01	8.106	147.285	0.221	0.17	0.20	2.404	0.084	1.279	0.259

Fuente: Propia.

## **CAPITULO III**

### **BALANCEO DE EQUIPO**

El balanceo de equipo consiste en el proceso de selección de equipo en función de un programa de ejecución de la obra que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor. Los pasos a seguir en el balanceo de equipo son:

1. Juzgar y elegir el equipo de construcción necesario para cada actividad de la obra.
2. Elaborar la selección de maquinaria conforme a la existencia de estas.
3. Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra en base a los manuales de cada tipo y/o de acuerdo a experiencias vividas en el campo

#### **3.1 MOVIMIENTO DE TIERRA.**

En toda construcción por muy pequeña que sea se deben realizar movimientos de tierra, ya sea que se corte o rellene alguna zona donde el nivel del terreno no esté de acuerdo al nivel requerido.

El movimiento de tierra es un proceso que exige esfuerzo y tiempo por el cual se han determinado algunas especificaciones que son de mucha ayuda al momento de calcular las cantidades de obras. Por otro lado debe considerarse que durante este proceso pueden salir perjudicadas propiedades privadas y causar un impacto ambiental considerable.

A continuación se presentan algunos términos utilizados en este capítulo:

**Volumen en banco (Vb):** Es el Volumen medido en el banco de préstamo, está dado en unidades de m<sup>3</sup>, yd<sup>3</sup>, pie<sup>3</sup>, etc.

**Volumen suelto (Vs):** Es el volumen del material que se extrajo del banco de préstamo. Es mayor que el volumen de banco debido a que el suelo se ha abundado. Es el valor que se toma como referencia para el costo del acarreo.

**Volumen compacto (Vc):** Es el volumen de tierra que se ha colocado en un terraplén y ha sido compactado por medios mecánicos. Este volumen es menor que el volumen en banco.

**Abundamiento:** Aumento de volumen de determinado tipo de suelo provocado por el aflojamiento de sus partículas, se expresa como un porcentaje de volumen de la muestra inalterada. En este trabajo se consideró un factor de abundamiento del 30%.

**Enjuntamiento:** Reducción del Volumen del suelo a partir del volumen de banco.

**Excavación y terraplén:** El proceso de excavación y el de terraplén afectan directamente a la capa de tierra vegetal y a los patrones de drenaje existentes en el área del Proyecto. El Nic-2000 especifica la forma en que este trabajo debe ser realizado dentro del Derecho de Vía y en los bancos de préstamo.

**Excavación:** Es la remoción de tierra, roca, ladrillos, piedras, concreto, pequeñas estructuras y ciertos materiales indeseables que se encuentren dentro del ancho de la terracería del Proyecto.

**Corte:** Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

**Relleno o Terraplén:** Son los depósitos de material compactado que se conforman sobre el terreno hasta formar la estructura de la vía y elementos auxiliares, de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

Generalmente, los rellenos de una vía se construyen utilizando el material proveniente de las excavaciones. Se debe procurar que la cantidad de material excavado sea suficiente para construir los rellenos, es decir, que se debe balancear el movimiento de tierra.

### **3.1.1 Equipo para el movimiento de tierra.**

**Limpieza o descapote:** Si la capa orgánica es menor a los 15cm se usan las medidas en m<sup>2</sup>, pero si la capa es mayor a los 15cm, se calcula en términos de volumen (m<sup>3</sup>). Este trabajo se realiza con el tractor de hoja empujador (D-4, D-5, D-6, D-7 ó D-8).

**Extracción del material excavado:** Se utilizan cargadores frontales (pala mecánica) que carga a los camiones de acarreo (Volquetes).

**Suministro de material selecto:** En este proceso se utiliza un cargador frontal o retroexcavadora y el camión Volquete que transporta el material. Para que el movimiento de tierra sea técnica y económicamente rentable, el banco de material a explotar no debe tener una distancia mayor de 5km al sitio de construcción.

**Nivelación del terreno:** Esta actividad es asumida por la motoniveladora, la cual nivela y conforma la zona etc. proporcionando las pendientes del bombeo de la carretera.

**Riego:** esta actividad es suministrada por cisternas que rocían el agua en tramos previamente establecidos.

Equipo utilizado en la compactación:

- 1.- Vibrocompactadora.
- 2.- Unidad de llantas neumáticas.
- 3.- Rodillos de ruedas lisas.
- 4.- Apisonadores neumáticos.
- 5.- Pisones.

La mayoría del equipo anteriormente mencionado se utiliza en carreteras de carpeta asfáltica, en este proyecto de adoquinado se utilizará la vibrocompactadora y en caso de ser necesario se utilizarán compactadoras manuales.

**Consideraciones para el uso de equipo.**

**Efecto de la pendiente:** El efecto de una pendiente positiva es el de incrementar la tracción o disminuirla si la pendiente es negativa. Este aumento o disminución de la potencia está dado en 20lb/ton de peso por cada 1% de pendiente.

**Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que necesita un equipo para realizar una actividad completa.

**Productividad real o efectiva:** Es la producción teórica del equipo multiplicado por el factor tiempo y el factor de operación.



### **3.1.2 Equipo a utilizar.**

La maquinaria que se utilizará para la ejecución de este proyecto fue seleccionada según la experiencia de la alcaldía la cual brindó la siguiente lista e información del equipo disponibles para este tipo de construcción:

- Camión Volquete DT 466E (International).
- Tractor D7R LGP y D6 (Caterpillar).
- Excavadora 318B L (Caterpillar).
- Cargador frontal 928G (Caterpillar).
- Motoniveladora 120H (Caterpillar).
- Vibrocompactadora de rodillo CS 533D (Caterpillar).
- Cisterna de 3000gln.
- Trompo (mezcladora) con capacidad de 1.5 bolsas de cemento.
- Apisonador (placa vibratoria) de 6HP.

Cabe señalar que la alcaldía dispone del operador de cada máquina. Entre las herramientas que se utilizaran para la ejecución del proyecto se pueden mencionar:

- Carretillas
- Palas
- Picos
- Mazos
- Cinceles
- Cuerdas
- Mangueras para nivelar
- Entre otras.

### 3.1.3 Cálculos

Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Land Desktop 2,009.

Maquinaria Para Corte, Relleno Y Conformación.

#### 1. Descapote

Longitud Total = 999.237 m

Ancho = 9.340

Área a limpiar = 999.237 x 9.34 = 9,332.874 m<sup>2</sup>

#### Equipo a utilizar

Motoniveladora 120H con 5 vástagos

Producción = 1200 m<sup>2</sup>/h

$$\text{Duración} = \frac{9,332.874 \text{ m}^2}{1200 \text{ m}^2/\text{h}} = 7.777 \text{ h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{7.777 \text{ h}}{8 \text{ h/día}} = 0.972 \text{ día}$$

#### 2. Acoplar Material de Corte.

#### Equipo a utilizar

Tractor D6

Rendimiento = 112.5 m<sup>3</sup>/h<sup>i</sup>

Volumen de corte = 4971.083 m<sup>3</sup>

$$\text{Duración de corte} = \frac{4,971.083 \text{ m}^3}{112.5 \text{ m}^3/\text{h}} = 44.27 \text{ h} \approx 58 \text{ h}$$

$$\text{Duración max de posesión} = \frac{58 \text{ h}}{8 \text{ h/día}} = 7.250 \text{ días}$$

---

<sup>i</sup> UNAN. Rendimiento de equipo pesado.

### 3. Carga de material sobrante de corte.

#### Equipo a utilizar:

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G (Ver Manual Caterpillar pág. 13-3,18).

Capacidad nominal del cucharón: 2.2 m<sup>3</sup>.

Altura máxima de descarga: 2.84 m

Tiempo de ciclo hidráulico:

Levantamiento	6.1 seg
Descarga	1.2 seg
<u>Descenso libre</u>	<u>2.8 seg</u>
Total	10.1seg

Tiempo de ciclo básico:

Tiempo promedio	+0.45
Material mezclados	+0.02
Apilado por topadora	+0.01
Mismo propietario	-0.04
Operación intermitente	+0.04
<u>Punto de carga pequeño</u>	<u>+0.04</u>
Tiempo total de ciclo	0.52 min

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{0.52 \text{ minutos}} = 115 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Material sobrante} = 4,971.083 - 2,726.564 = 2,244.52 * 1.3 = 2,917.87$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{2,917.87}{2.2} = 1,326 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{1,326 \text{ ciclos}}{115 \text{ ciclos/h}} = 11.53$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{11.53h}{8h/día} = 1.44 \text{ días}$$

#### 4. Transporte de material sobrante.

##### Equipo a utilizar:

Camión Volquete DT 466E.

Capacidad: A ras =  $12 \text{ m}^3$  Colmado =  $13.7 \text{ m}^3$ .

Distancia de acarreo: 2.0Km hacia el vertedero +  $\frac{500}{1000} = 2.5 \text{ km}$

Velocidad Máxima de cargado = 56 KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión.

$$\frac{13.7 \text{ m}^3}{2.2 \text{ m}^3 / \text{ciclo}} \approx 7 \text{ ciclos}$$

Tiempo de carga =  $(0.52 \text{ min} / \text{ciclos})(7 \text{ ciclos}) \approx 3.64 \text{ min}$

Tiempo fijo descrito = 0.8 min (maniobras)

Tiempo de descarga = 1 min

Velocidades medias:

V ida = 30KPH

V reg = 50KPH

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.5 \text{ km}}{30 \text{ km/h}} = 0.08 \text{ h} \rightarrow 4.8 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso.} = \frac{2.5}{50 \text{ km/h}} = 0.05 \text{ h} \rightarrow 3 \text{ min}$$

Tiempo de viaje =  $4.8 + 3 = 7.8 \text{ min}$ .

Tiempo de ciclo =  $3.64 + 0.8 + 1 + T_{\text{viaje}} = 5.44 + T_{\text{viaje}}$ .

Tiempo de ciclo =  $5.44 + 7.8 = 13.24$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$\text{Camiones} = \frac{13.24 \text{ min}}{3.64 \text{ min/camion}} = 3.63 \approx 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{2,197.87 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3/\text{viaje}} = 213 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{213 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} = 53 \text{ viajes/camion}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{\left(53 \frac{\text{viajes}}{\text{camión}}\right) * \left(13.24 \frac{\text{min}}{\text{viaje}}\right)}{60 \text{min/viaje}} = 11.69 \text{ h/camión}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{11.69 \text{ h}}{8 \text{ h/día}} = 1.46 \text{ días/camión}$$

## 5. Conformación del bombeo sobre la sub-rasante.

### Equipo a utilizar

Motoniveladora 120 H

Hoja estándar = 3.66m de largo

Velocidad de operación = 4kmph = 4000 m/h

Angulo de vertedera de trabajo = 30°

Longitud efectiva de la hoja (Lc) = 3.17 m

Eficiencia = 0.80

Altura de corte según bombeo = 9.9

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{9.9 \text{ cm}}{2 * 100} = 0.0495 \text{ m}$$

Producción = 187.5 m³/h

$$\text{Volumen del material cortado} = 999.237 * 2(0.50 * 0.099 * 3.3) = 328.42 \text{ m}^3$$

Se estima que con 3 pasadas se logra un acabado uniforme en la conformación de ahí que N = 3.

Se considera que la maquina retrocede c/50m a una velocidad promedio de 6km/h por lo cual existe un tiempo de retroceso (Tr).

$$Tr = \frac{999.237 \text{ m}}{6,000 \text{ m/h}} = 0.167 \text{ horas}$$

$$\text{El operador labora un tiempo de 40 min c/h } F_{Tr} = \frac{40 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 0.67$$

Producción teórica:  $R = V(L_e - 0.60) * E$  (tomado del manual Caterpillar pág. 3-14)

Donde:

V = velocidad de operación (km/h)

Le = longitud efectiva de la hoja

E = eficiencia de trabajo

Entonces:  $R = 4(3.17 - 0.60) * 0.80 = 8.224 * 1000 = 8,224m^2/h$

El volumen será  $= 8,224m^2/h * 0.495m = 407 m^3/h$

$$\begin{aligned} \text{Duración de la conformación} &= N * \left( \frac{vol}{R * F_{Tr}} \right) + Tr \\ &= 3 * \left( \frac{328.429m^3}{407m^3/h * 0.67} \right) + 0.167h = 3.780 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\text{Duración en días} = \frac{3.780h}{8h/día} = 0.473 \text{ días}$$

## 6. Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93 ciclos,

Capacidad de cucharón  $2.2m^3/ciclos$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{328.429m^3 * 1.3}{2.2m^3/h} = 194.07 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} == \frac{194.07 \text{ ciclos}}{93 \text{ ciclos/horas}} = 2.0 \text{ horas}$$

$$\text{Duración max de posesión} = \frac{2.0h}{8h/día} = 0.25 \text{ días}$$

## 7. Transporte de material cortado durante la conformación.

**Equipo a utilizar**

Camión Volquete

Capacidad=  $12 m^3$

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 13.18 min

Vol. a transportar =  $328.429 \times 1.30$  (abundado) =  $426.958 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Duración de transporte} &= \frac{426.958 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3/\text{camión}} * \frac{13.18 \text{ min}}{4 \text{ camiones}} \\ &= 117.236 \text{ min} \approx 1.954 \text{ h} \end{aligned}$$

$$\text{Duración max de posesión} = \frac{1.954 \text{ h}}{8 \text{ h/día}} = 0.244 \text{ días}$$

## Máquina para terraplén

### 1. Explotación de banco de materiales.

Área transversal de la base y sub-base =  $(9.340 \times 0.20) = 1.868 \text{ m}^2$

Volumen compacto de material selecto =  $1.868 \text{ m}^2 \times 999.237 \text{ m} = 1,866.575 \text{ m}^3$

Volumen suelto de mat selecto requerido =  $\frac{1,866.575 \times 1.30}{2} = 1,213.274 \text{ m}^3/\text{capa}$

Volumen de material selecto abundado =  $1,866.575 \times 1.30 = 2,426.548 \text{ m}^3$

Se ha multiplicado por 1.30 debido al factor de abundamiento y se divide entre 2 ya que la base se conformara en dos capas de 10cm c/u la capacidad para compactar de la máquina es de 15cm por pasada.

### Equipo a utilizar

Excavadora

Capacidad del cucharón =  $1.2 \text{ m}^3$

Velocidad máx. de desplazamiento =  $4.6 \text{ km/h}$

Producción =  $120 \text{ m}^3/\text{h}$

Tiempo de ciclo aproximado =  $0.50 \text{ min}$

$$\text{Duración de extracción del mat selecto} = \frac{2,426.548m^3}{120m^3/h} = 20.221 \text{ horas}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{20.221h}{8h/día} = 2.528 \text{ días}$$

## 2. Transporte de material selecto.

$$\text{Distancia de acarreo} = 5km + \frac{500m}{1000} = 5.50 \text{ km}$$

Nº de ciclos que necesita la excavadora para llenar el camión

$$= \frac{12m^3}{1.2m^3/ciclo} = 10 \text{ ciclos}$$

Velocidad de ida = 30 km/h (cargado)

Velocidad de regreso = 50 km/h (vacío)

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{5.50km}{30km/h} = 0.183 \text{ h} = 11 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{5.50km}{50km/h} = 0.11h = 6.6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de carga} = 10 \text{ ciclos} * \frac{0.50min}{ciclo} = 5 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra = 1.5 min

Tiempo de descarga = 1 min

Tiempo de ciclo del camión = 11+6.6+5+1.5+1 = 25 minutos

$$N^{\circ} \text{ de camiones} = \frac{25min}{5min/camión} = 5 \text{ camiones}$$

$$N^{\circ} \text{ total de viaje} = \frac{2,426.548m^3 \text{ abundado}}{12m^3} = 202.21 \approx 203 \text{ viajes}$$

$$\text{viajes por camión} = \frac{203 \text{ viajes}}{5 \text{ camiones}} = 41 \text{ viajes/camión}$$

Tiempo transporte material = (41 viajes/camión) \* (25 min/viaje) = 1,025 min/camión.

$$\text{Tiempo transporte material} = \frac{1,025min/camión}{60min} = 17.10 \text{ horas}$$



$$\text{Duracion de posesion} = \frac{17.10 \text{ h}}{8 \text{ h/d}} = 2.5 \text{ dias}$$

### 3. Tendido y humectación de material selecto.

#### Equipo a utilizar.

Motoniveladora 120H

Espesor de la capa (e) = 15 cm compactados

Velocidad de operación (V) = 4 km/h

Producción = 187.5 m<sup>3</sup>

Eficiencia (E) = 0.75

Número de pasadas a lo ancho de la base:

$$N = \frac{\text{ancho del tramo}}{\text{Le} * \text{traslape}} = \frac{9.34}{3.17\text{m} * 0.80} = 3.683 \approx 4 \text{ pasadas}$$

Tiempo de pasadas

Para tender el material = 4 pasadas

Para homogenizar = 8 pasadas

Para conformar = 4 pasadas

Total = 16 pasadas

Tiempo de retroceso

$$Tr = \frac{\text{dist a conformar}}{V} * N = \frac{999.237\text{m}}{\frac{4,000\text{m}}{\text{h}}} * 16 = 3.997 \text{ horas}$$

Material a tender y a humectar

Para base = 9.34 \* 0.20 \* 999.237 \* 1.3 = 2,426.547 m<sup>3</sup>

Para esta máquina se considera un factor de tiempo efectivo de 40 min/h es decir 40/60 = 0.67

$$\text{Producción} = \frac{V * A * e * E}{N} = \frac{4000m/h * 9.34 * 0.10 * 0.75}{16 \text{ pasadas}} = 175.125m^3/h$$

$$\text{Duración} = \frac{2,426.547m^3}{175.125m^3/h * 0.67} + 3.997h = 24.628 \text{ horas}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{24.628h}{8h/día} = 3.078 \text{ días}$$

#### 4. Compactación de la capa de base espesor total 20cm.

##### Equipo a utilizar

Compactador vibratorio C5533D

Ancho de tambor = 2.13 m

Espesor de la capa (e) = 10 cm

Velocidad de operación = 5 km/h

Eficiencia (E) = 0.75

Traslape o superposición = 15 cm

Para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda (N=6)

Ancho de compactación por pasada (A) = 2.13m-0.15 = 1.98 m

$$\text{Producción real} = \frac{1.98 * 5000 * 0.1}{6} * 0.75 = 123.75m^3c/h$$

$$T \text{ para compactar una banda} = \frac{9.34 * 0.10 * 999.237 * 1.3}{123.75m^3/h} = 9.804 \text{ horas}$$

$$N^{\circ} \text{ de bandas} = \frac{9.34}{1.98} = 4.717 \approx 5 \text{ bandas}$$

Duración total de compactación = 5 \* 9.804 = 49.020 horas

$$\text{Duración de posesión} = \frac{49.020h}{8h/día} = 6.128 \text{ días}$$

Se multiplica por 2 por que se necesitan compactar los otros 10cm  $\therefore 12.255$  días

**Nota:** las horas de la cisterna para humectar el material de la base y sub-base a compactar es igual a las horas de la motoniveladora.

**Tabla 3.1:** Resumen de las duraciones para las diferentes actividades realizadas por la maquinaria.

ACTIVIDAD	EQUIPO	CANTIDAD	DURACION	
			Horas	Días
Descapote	Motoniveladora 120H	1	7.777	0.972
Humectación	Cisterna	1	7.777	0.972
Acopio material corte	Tractor D6	1	58	7.250
Carga de material sobrante	Cargador frontal	1	11.53	1.44
Transporte de material sobrante	Camión Volquete DT 466E	4	11.69	1.46
Conformación. Bombeo	Motoniveladora 120H	1	3.780	0.473
Carga mat. Conformación	Cargador frontal	1	2	0.25
Humectación conformación	Cisterna	1	3.780	0.473
Transporte de mat.sobrante. Conformación	Camión Volquete DT 466E	4	1.954	0.244
Explotación Banco de materiales	Excavadora	1	20	2.5
Transporte de material selecto	Camión Volquete DT 466E	5	20	2.5
Tendido material selecto	Motoniveladora 120H	1	24.628	3.078
Humectación de material selecto	Cisterna	1	24.628	3.078
Compactación de base	Compactadora	1	98.040	12.255
<b>Total de días</b>				<b>36.945</b>

Fuente: Propia

## **CAPITULO IV**

### **PLANEACION Y PRESUPUESTO**

Las actividades de planeación y presupuesto están entrelazadas, no se pueden delimitar como dos etapas diferentes, antes y después del presupuesto se dan actividades de programación. La programación implica la anticipación de cómo se ejecutará una obra, involucra la formulación de un plan de acción para la ejecución y definición de los recursos necesarios para lograrlo en tiempo, costo y calidad acorde a especificaciones previas.

Las actividades de que consta un programa de obras son todas las necesarias para su realización, no solamente las de tipo constructivo, involucra actividades como instalaciones de oficinas, bodegas, champas, así como las relativas a terminación y entrega de la obra.

En cada actividad se debe seleccionar adecuadamente la unidad de medida, de ello dependerá que la función de programación cumpla su objetivo en la etapa del control, para efecto de comparar lo programado contra lo ejecutado. Así mismo, es de igual importancia la cantidad programada para cada actividad, en el caso de las actividades relativas a la ejecución de obras se obtiene directamente de los planos, a esta actividad se le conoce como cuantificación. Posteriormente, en la etapa de la ejecución y control de la obra, se obtendrán las actividades reales directamente de lo ejecutado en obra mediante la actividad que se denomina medición o cubicación.

Para efecto de tener un programa de la ejecución de la obra lo más apegado a la realidad, aparte de contar con todos los elementos del proyecto, es importante tener el presupuesto definitivo de la obra misma que se verá más adelante.

## **4.1 PROCESO DE PLANEACIÓN**

La planeación no es una etapa independiente, es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Durante la ejecución del proyecto, la planeación permite la revisión sistemática de situaciones actuales de forma que pueden concederse tolerancias en cuanto a los efectos de incertidumbres en la planeación original, a la vez que permite llevar a cabo una reevaluación de incertidumbres futuras y las medidas iniciadas como remedio para las operaciones que requieren corrección o aceleración.

Muchas de las grandes empresas elaboran la programación de los proyectos mediante el uso de software, sin embargo esto no significa que dicha planeación se halla elaborado en forma eficiente ya que ciertos datos digitados requieren de cálculos manuales, un ejemplo adecuado son las normas de rendimiento horarias.

### **4.1.1 Técnicas de programación.**

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que las técnicas de programación tratan de ordenar las actividades de forma que se pueden identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costos, cargas de trabajo, etc.)

La programación consiste por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras no (actividades críticas).

### **Diagrama de Gantt.**

Muestra las fechas de comienzo y finalización de las actividades y las duraciones estimadas.

El gráfico de Gantt es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, recogiendo en las filas la relación de actividades a realizarse y en las columnas la escala de tiempos que se está manejando, mientras la duración y situación en el tiempo de cada actividad se representa mediante una línea dibujada en el lugar correspondiente.

### **Camino o ruta crítica.**

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que se puede tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios.

### **Actividades críticas.**

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico. En una actividad crítica la fecha más temprana de inicio coincide con la más tardía de comienzo. La holgura para estas actividades es cero.

### **Microsoft Project 2010**

Es un programa para planear tareas que facilita el seguimiento de las escalas de tiempo de los proyectos y la generación de los gráficos correspondientes.

Este programa se utilizará en este trabajo con el fin agilizar el procedimiento de planeación del proyecto en estudio y que el lector pueda observar las actividades críticas que componen este proyecto, además, le pueda dar un seguimiento.

#### 4.1.2 Cálculo de materiales

A continuación se muestran los cálculos de la cantidad de materiales que se van a utilizar para este proyecto.

##### 1. Medio adoquines

Se usaran adoquines de 0.10x0.20m para el eje central y ambos borde de la calzada. Se utilizaran 104 unidades por cada 10ml considerando ambos borde de la calzada y los que se utilizan para la línea central.

Longitud = 1000m

$$\text{Medio adoquines} = \frac{104(1000)}{10} = 10,400 + 5\%(\text{desperdicio})$$

$$\text{Medio adoquines} = 10,400 + 520 = 10,920 \text{ unidades}$$

##### 2. Adoquines

Para 1m<sup>2</sup> se utilizan la cantidad de 20 adoquines

$$\text{Area a cubrir} = 2(2.92)(1000) = 5,840\text{m}^2$$

$$\text{Adoquines} = (20)(5840) - \frac{10,920 \text{ unidades}}{2} = 111,340 + 5\%(\text{desperdicio})$$

$$\text{Adoquines} = 111,340 + 5567 = 116,907 \text{ unidades}$$

##### 3. Concreto

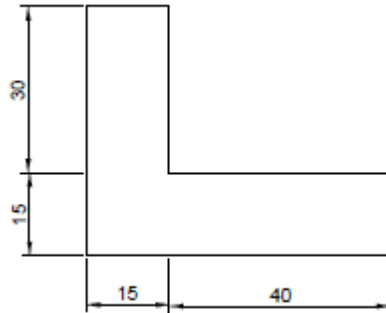
El concreto que se utilizara para esta obra tendrá la proporción 1:2:3 con una resistencia a la compresión de 3,000psi a los 28 días.



### 3.1 Cuneta.

La cuneta que se colocara es igual en ambos lados de la calzada.

**Fig. 4.1:** Dimensión de cuneta



$$A = (0.15 * 0.30) + (0.15 * 0.55) = 0.1275m^2$$

$$V = 0.1275m^2 * 1000ml = 127.5m^3$$

$$V = 127.5m^3 * 2 = 255m^3$$

Cemento:  $9 * 255 = 2,295 + 10\% \text{ Desp} = 2,525$  bolsas

Arena:  $0.555 * 255 = 141.52 + 30\% \text{ Desp} = 183.98m^3$

Grava:  $0.84 * 255 = 214.2 + 15\% \text{ Desp} = 246.33 m^3$

### 3.2 Viga Longitudinal.

Longitud =  $2 * 1000 = 2000m$

Sección de viga =  $0.075 * 0.15 = 0.01125m^2$

Volumen de concreto =  $0.01125 * 2000m = 22.50^3$

Cemento:  $9 * 22.50 = 202.5 + 10\% \text{ Desp} = 223$  bolsas

Arena:  $0.555 * 22.50 = 12.49 + 30\% \text{ Desp} = 16.24m^3$

Grava:  $0.84 * 22.50 = 18.9 + 15\% \text{ Desp} = 21.74m^3$

### 3.2 Vigas Transversales.

Long de las vigas =  $5.84m$

Sección de vigas =  $0.15 * 0.20 = 0.03m^2$

Vol. de concreto para una viga =  $5.84m * 0.03m^2 = 0.1752m^3$

Cantidad de vigas transversales =  $10$

Vol. de concreto =  $(0.1752 * 10) = 1.752m^3$

Cemento:  $9 \times 1.752 = 15.77 + 10\% \text{ Desp} = 18 \text{ bolsas}$

Arena:  $0.555 \times 1.752 = 0.97 + 30\% \text{ Desp} = 1.26 \text{ m}^3$

Grava:  $0.84 \times 1.752 = 1.47 + 15\% \text{ Desp} = 1.69 \text{ m}^3$

### 3.3 Vados

Sección transversal = (espesor) (ancho) =  $0.15 \times 3 = 0.45 \text{ m}^2$

Longitud = 5.84m

Cantidad de vados = 3

Vol. de concreto =  $0.45 \text{ m}^2 \times 5.84 \text{ m} \times 3 = 7.884 \text{ m}^3$

Cemento:  $9 \times 7.884 = 70.956 + 10\% \text{ Desp} = 78 \text{ bolsas}$

Arena:  $0.555 \times 7.884 = 4.376 + 30\% \text{ Desp} = 5.69 \text{ m}^3$

Grava:  $0.84 \times 7.884 = 6.623 + 15\% \text{ Desp} = 7.62 \text{ m}^3$

### 3.4 Anden

Ancho = 1.20m

Longitud =  $2(1000) = 2000 \text{ m}$

Espesor 7.5 cm para todos los tramos

Vol. de concreto =  $0.07 \times 1.20 \times 2000 = 180 \text{ m}^3$

Cemento:  $9 \times 180 = 1,620 + 10\% \text{ Desp} = 1,782 \text{ bolsas}$

Arena:  $0.555 \times 180 = 99.90 + 30\% \text{ Desp} = 129.87 \text{ m}^3$

Grava:  $0.84 \times 180 = 151.20 + 15\% \text{ Desp} = 173.88 \text{ m}^3$

**Volumen total de concreto = 467.138 m<sup>3</sup>**

**Cemento: 4,626 bolsas**

**Arena: 337.04 m<sup>3</sup>**

**Grava: 451.25 m<sup>3</sup>**

#### 4. Acero #3

##### 4.1 Viga Longitudinal

Se usara una varilla de refuerzo #3 a lo largo de toda la viga, traslapando 0.30 m.

$$L = 2000\text{m}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{2000}{6 - 0.30} = 351 \text{ varillas}$$

##### 4.2 Viga Transversal

$$L = 5.84 \times 10 = 58.4\text{m}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{58.4}{6 - 0.30} = 11 \text{ varillas}$$

##### 4.3 Vados

Se armara una malla (parrilla) con las siguientes dimensiones:

Var. #3 @ 0.20m A/D

Largo = 5.84m

Ancho = 3m

Nº de vados = 3

$$\text{Cantidad de piezas de 3} = \frac{5.84}{0.20} = 29$$

$$\text{Cantidad de piezas de 5.84} = \frac{3}{0.20} = 15$$

$$\text{Longitud} = 5.84 (15) + 3(29) = 174.6 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = 3 \left( \frac{174.6}{6} \right) = 87 \text{ varillas}$$

$$\text{Total Acero \#3} = \left( \frac{351 + 11 + 87}{13} \right) = 34.538\text{qq} + 3\% \text{Desp}$$

$$\text{Total Acero \#3} = 35.574\text{qq}$$

## 5. Alambre de amarre

$$AA = 5\%(acero \#3 \text{ vados})$$

$$AA = 0.05 \left( \frac{87}{13} \right) (100) = 34lbs + 30\% Desp$$

**Alambre de amarre = 44.20 lbs**

## 6. Mortero para repello.

Este mortero se utilizara para repellar la cuneta.

Se usara arena (colada en malla 8x8)

Espesor de repello = 1 cm

$$\text{Área total a repellar} = (0.40+0.15+0.30)*1000 = 850 \text{ m}^2 * 2 = 1,700 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 1,700 * 0.010 = 17\text{m}^3 + 7\%Desp = 18.19 \text{ m}^3$$

Según proporción 1:3

Cemento:  $8*18.19= 146$  bolsas

Arena:  $0.82*18.19 = 14.92 \text{ m}^3$

## 7. Arena

### 7.1 Para conformar la cama de arena

Espesor de cama = 5cm, por lo tanto se requiere de  $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$

$$\text{Arena} = (0.05\text{m}^3/\text{m}^2)*(5,840\text{m}^2) = 292\text{m}^3 + 30\%Desp = 379.6 \text{ m}^3$$

### 7.2 Para sello de adoquín

Se necesitan  $0.0035 \text{ m}^3/\text{m}^2$

$$\text{Arena} = (0.0035 \text{ m}^3/\text{m}^2)*(5,840 \text{ m}^2) = 20.44 \text{ m}^3 + 30\%Desp = 26.57 \text{ m}^3$$

## 8. Madera

### 8.1 Reglas 1"x3"x6vrs

Para formaletas de vados y anden

Cantidad = 10 por tramo a cada 100 metros, serian de 10 tramos de 100m

Total =  $10 \times 10 = 100 + 20\% = 120$  piezas

### 8.2 Reglas de 1"x2"x6vrs

Para niveletas u otros

Cantidad = 6 x cada 100m  $Total = 6 \left( \frac{1000}{100} \right) = 60 + 20\% = 72$  piezas

### 8.3 Tablas de 1"x14"x6vrs

6vrs = 5.042m

Si trabajamos en tramos de 100 m

$Cant \text{ de tablas} = \frac{100}{5.042} = 19.84 = 20 \times 2 = 40 + 10\% = 44$  tablas

Cantidad total =  $10 \times 44 = 440$  tablas

Factor de uso = 3

Tablas de 1"x14"x6vrs

Nº tablas =  $440/3 = 147$  tablas

Tabla de 1"x8"x6vrs

Nº tablas =  $440/3 = 147$  tablas

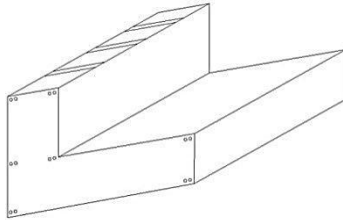
Tablas de 1"x6"x6vrs

Nº tablas =  $440/3 = 147$  tablas

## 9. Clavos

### 9.1 Para formaleta de cuneta

**Fig. 4.2:** Formaleta



3 reglas a cada 5 cm

2 clavos por regla = 6

14 clavos x 2 = 28

28+6 = 34 x2 = 68 clavos @ 20 m

50 tramos de 20m entonces  $50 \times 68 = 3400$  clavos

1 libra de 1 ½" trae 315 clavos

10.79 lbs +30% Desp = 14lbs

### 9.2 Clavos para niveletas

48 clavos por 20m para niveletas

Total =  $48 \times 50 = 2,400$  clavos + 30% Desp = 3,120 clavos

1lbs trae 315 clavos

10 lbs de clavos de 1 ½".

### Resumen de cantidad de materiales.

**Tabla 4.1:** Resumen de la cantidad de materiales.

<b>Longitud = 1000m</b>		<b>Ancho de calzada = 5.84m</b>
<b>Materiales</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>
Medio adoquines	U	10,920
Adoquines	U	116,907
Reglas 1"x2"x6 vrs	U	72
Reglas 1"x3"x6 vrs	U	240
Cuartones 2"x2"x6 vrs	U	120
Clavos 1 ½ "	Libras	10
<b>Cuneta</b>	<b>m</b>	<b>2000</b>
Clavos 1 ½ "	Libras	14
Tabla 1"x6"x6vrs	U	147
Tabla 1"x8"x6vrs	U	147
Tabla 1"x14"x6vrs	U	147
Concreto 1:2:3	m <sup>3</sup>	255
Cemento	bolsas	2,525
Arena	m <sup>3</sup>	183.98
Grava	m <sup>3</sup>	246.33
Mortero 1:3	m <sup>3</sup>	18.19
Cemento	bolsas	146
Arena	m <sup>3</sup>	14.92
<b>Viga Longitudinal</b>	<b>m</b>	<b>2000</b>
Concreto 1:2:3	m <sup>3</sup>	22.50
Cemento	bolsas	223
Arena	m <sup>3</sup>	16.24
Grava	m <sup>3</sup>	21.74
Acero #3	qq	27.81

Fuente: Propia

**Tabla 4.1:** Resumen de la cantidad de materiales. Continuación

<b>Longitud = 1000m</b>		<b>Ancho de calzada = 5.84m</b>
<b>Materiales</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Vigas Transversales</b>	<b>m</b>	<b>58.40</b>
Concreto 1:2:3	m <sup>3</sup>	1.75
Cemento	bolsas	18
Arena	m <sup>3</sup>	1.26
Grava	m <sup>3</sup>	1.69
Acero #3	qq	1.99
<b>Vados</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>52.56</b>
Concreto 1:2:3	m <sup>3</sup>	7.88
Cemento	bolsas	78
Arena	m <sup>3</sup>	5.69
Grava	m <sup>3</sup>	7.62
Acero #3	qq	6.89
Alambre de amarre	Libras	44.20
<b>Anden</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>2400</b>
Concreto 1:2:3	m <sup>3</sup>	180
Cemento	bolsas	1,782
Arena	m <sup>3</sup>	129.87
Grava	m <sup>3</sup>	173.88
<b>Arena</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>406.17</b>
Cama de arena	m <sup>3</sup>	379.60
Sello de adoquín	m <sup>3</sup>	26.57
<b>Totales de cemento, arena, grava y acero</b>		
<b>Cemento</b>	<b>bolsas</b>	<b>4,626</b>
<b>Arena</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>716.64</b>
<b>Grava</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>451.26</b>
<b>Acero #3</b>	<b>qq</b>	<b>36.69</b>

Fuente: Propia



#### 4.1.3 Actividades que componen cada etapa del proyecto.

En este proyecto se ha considerado la siguiente estructura de actividades para la elaboración del presupuesto y de la planeación:

DESCIPCIÓN DE ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
I.- PRELIMINARES	
1.- Obras temporales (Champa)	M <sup>2</sup>
2.- Trazo y nivelación	GLB
II.- MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	
1.- De equipo	GLB
III.- MOVIMIENTO DE TIERRA	
1.- Descapote	M <sup>2</sup>
2.- Acopio de mat.de corte	M <sup>3</sup>
3.- Carga de material sobrante de corte	M <sup>3</sup>
4.- Transporte de material sobrante	M <sup>3</sup>
5.- Conformación del bombeo	M <sup>3</sup>
6.- Cargar mat. Cortado durante la C.	M <sup>3</sup>
7.- Transporte de mat. Cortado durante la C.	M <sup>3</sup>
8.- Explotación del banco de materiales	M <sup>3</sup>
9.- Transporte de material selecto	M <sup>3</sup>
10.- Tendido y Humectación de material.	M <sup>3</sup>
11.- Comp. de la capa de sub-rasante	M <sup>3</sup>
12.- Comp. De la 1ª base y la 2ª capa de base.	M <sup>3</sup>
IV.- CUNETAS, ANDÉN Y BORDILLO	
1.- Bordillo	ML
2.- Cuneta de concreto	ML
3.- Andén de concreto	M <sup>2</sup>

**V.- CARPETA DE RODAMIENTO**

1.- Capa de arena	M <sup>2</sup>
2.- Adoquinado	M <sup>2</sup>
3.- Viga transversal	ML
4.- Viga de remate	ML

**VI.- OBRAS DE DRENAJE**

1.- Vado de concreto	M <sup>2</sup>
----------------------	----------------

**VII.- SEÑALIZACIÓN**

1.- Señales de reglamentación	U
2.- Señales de prevención	U
3.- Señales viales permanentes	U

**VIII.- LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL**

1.- Limpieza final	GLB
2.- Entrega y detalles	DIA

**4.1.4 Duraciones.**

En base a las cantidades de obras obtenidas a partir de cada uno de los diseños realizados, se muestra el cálculo de las duraciones para cada actividad que se realizara en este proyecto.

Así también en otra tabla las duraciones que presentan las máquinas que se utilizarán para el movimiento de tierra.

#### 4.1.4.1 Cálculo de las duraciones de las actividades que serán realizadas por obreros.

$$Duracion = \frac{\left( \frac{Cantidad\ de\ obra}{NRH * 8\ horas} \right)}{Fuerza} \quad (4.1)$$

**Tabla 4.2:** Duración de las actividades realizadas por los obreros

Nº	Descripción	U/M	NRH	8 Horas	Cantidad	Fuerza	Días
<b>I</b>	<b>Preliminares</b>						
1	Champa	m²	0.80	6.40	20	3 ayudantes	1.04
3	Niveletas	U	1.14	9.12	167	1of y 2ayu	6.10
<b>IV</b>	<b>Cuneta, Anden y Bordillo</b>						
1	Bordillo	ml	13.54	108.35	2000	3 ayudantes	6.15
2	Cuneta						
	Colocar formaleta, llena de C	ml	0.87	6.96	2000	2of y 3ayu	57.47
	Acarreo de cemento	U	31.25	250	2,357	3 ayudantes	3.14
	Acarreo de arena	m³	1	8	175.50	3 ayudantes	7.31
	Acarreo de grava	m³	0.63	5	217.35	3 ayudantes	14.49
	Repello	m³	0.40	3.20	16.05	2 ayudantes	2.51
3	Andén	m²	7.50	60	2400	2of y 3ayu	8.00
<b>V</b>	<b>Carpeta de rodamiento</b>						
1	Colchón de arena	m²	24.82	198.56	5,840	4 ayudantes	7.35
2	Adoquinado vía recta	m²	3.16	25.28	2,698	2of y 3ayu	21.00
	Adoquinado en curvas	m²	2.39	19.12	3,143	2of y 3ayu	32.88
3	Vigas transversales	ml	3.81	30.48	70.66	1of y 1ayu	1.16
	Acarrear varillas	U	26.25	210	12.10	1 ayudante	0.06
	Alistar, armar y colocar varilla	kg	8.64	69.12	39.57	1 oficial	0.57
4	Vigas longitudinales	ml	0.48	3.81	2000	2of y 3ayu	13.12
	Acarrear varillas	U	26.25	210	193.60	2 ayudantes	0.46
	Alistar, armar y colocar varilla	kg	8.64	69.12	1,120	1of y 2ayu	5.4
<b>VI</b>	<b>Obras de drenaje</b>						
1	Vados	m²	2.04	16.32	38.56	1of u 1ayu	1.18
	Armadura	qq	0.19	1.52	9.90	2of y 3ayu	1.30
	Acarrear varillas	U	26.25	210	128.70	2 ayudantes	0.61
<b>VII</b>	<b>Señalización</b>						
1	Todas	GLB	--	--	1.00	2of y 4ayu	2.00
<b>VIII</b>	<b>Limpieza y Entrega</b>						
1	Limpieza	m²	8.42	75.78	6,640	10 ayudantes	9.86
2	Entrega y Detalle	Día	1.00	9.00	--	--	2.00
<b>Total</b>							<b>205 días</b>

Fuente: Propia

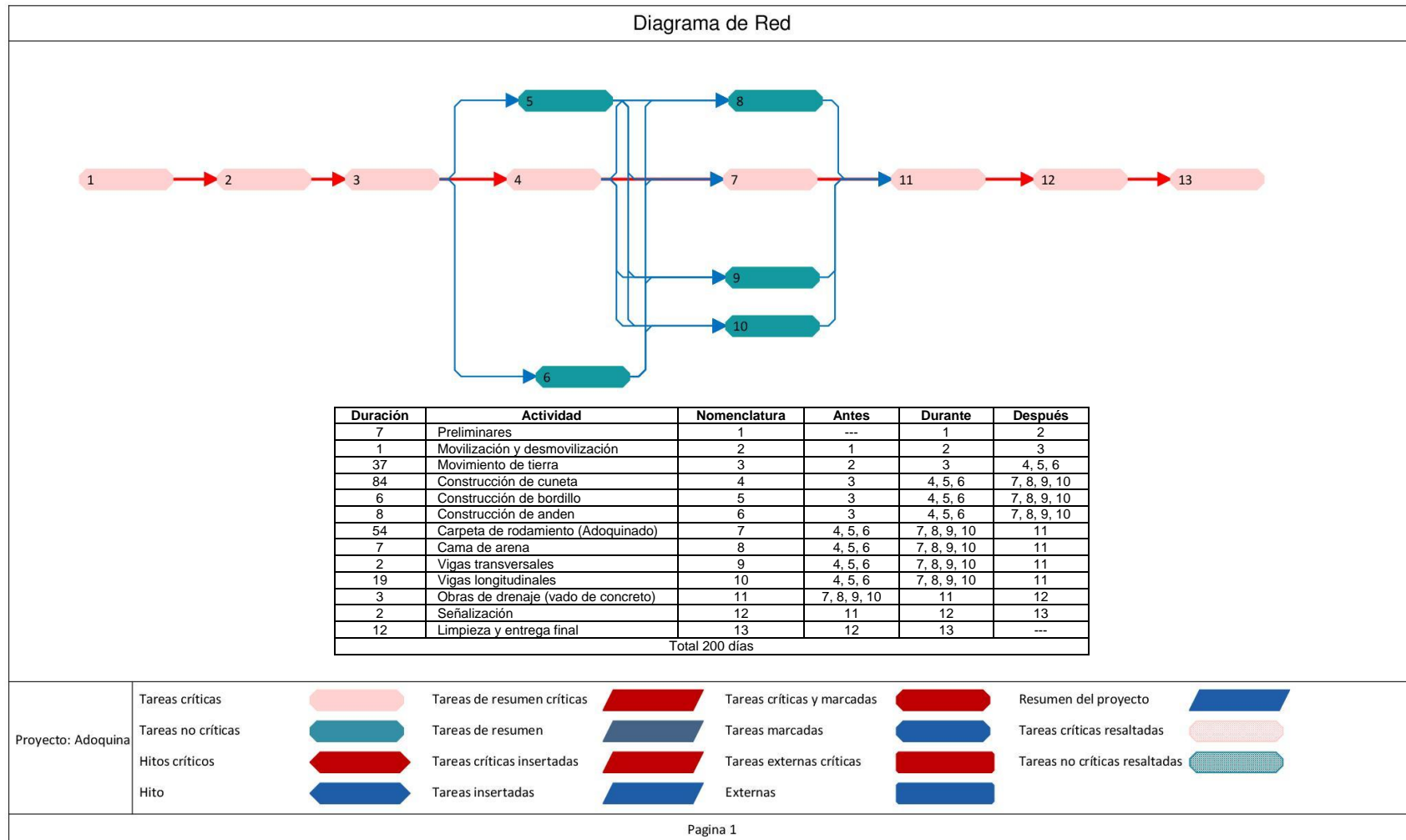
#### 4.1.4.2 Duración del equipo utilizado en la etapa movimiento de tierra.

**Tabla 4.3:** Duraciones de las actividades realizadas por la maquinaria.

ACTIVIDAD	EQUIPO	CANTIDAD	DURACION	
			Horas	Días
Descapote	Motoniveladora 120H	1	7.777	0.972
Humectación	Cisterna	1	7.777	0.972
Acopio material corte	Tractor D6	1	58	7.250
Carga de material sobrante	Cargador frontal	1	11.53	1.44
Transporte de material sobrante	Camión Volquete DT 466E	4	11.69	1.46
Conformación. Bombeo	Motoniveladora 120H	1	3.780	0.473
Carga mat. Conformación	Cargador frontal	1	2	0.25
Humectación conformación	Cisterna	1	3.780	0.473
Transporte de mat sobrante. Conformación	Camión Volquete DT 466E	4	1.954	0.244
Explotación Banco de materiales	Excavadora	1	20	2.5
Transporte de material selecto	Camión Volquete DT 466E	5	20	2.5
Tendido material selecto	Motoniveladora 120H	1	24.628	3.078
Humectación de material selecto	Cisterna	1	24.628	3.078
Compactación de base	Compactadora	1	98.040	12.255
<b>Total de días</b>				<b>36.945</b>

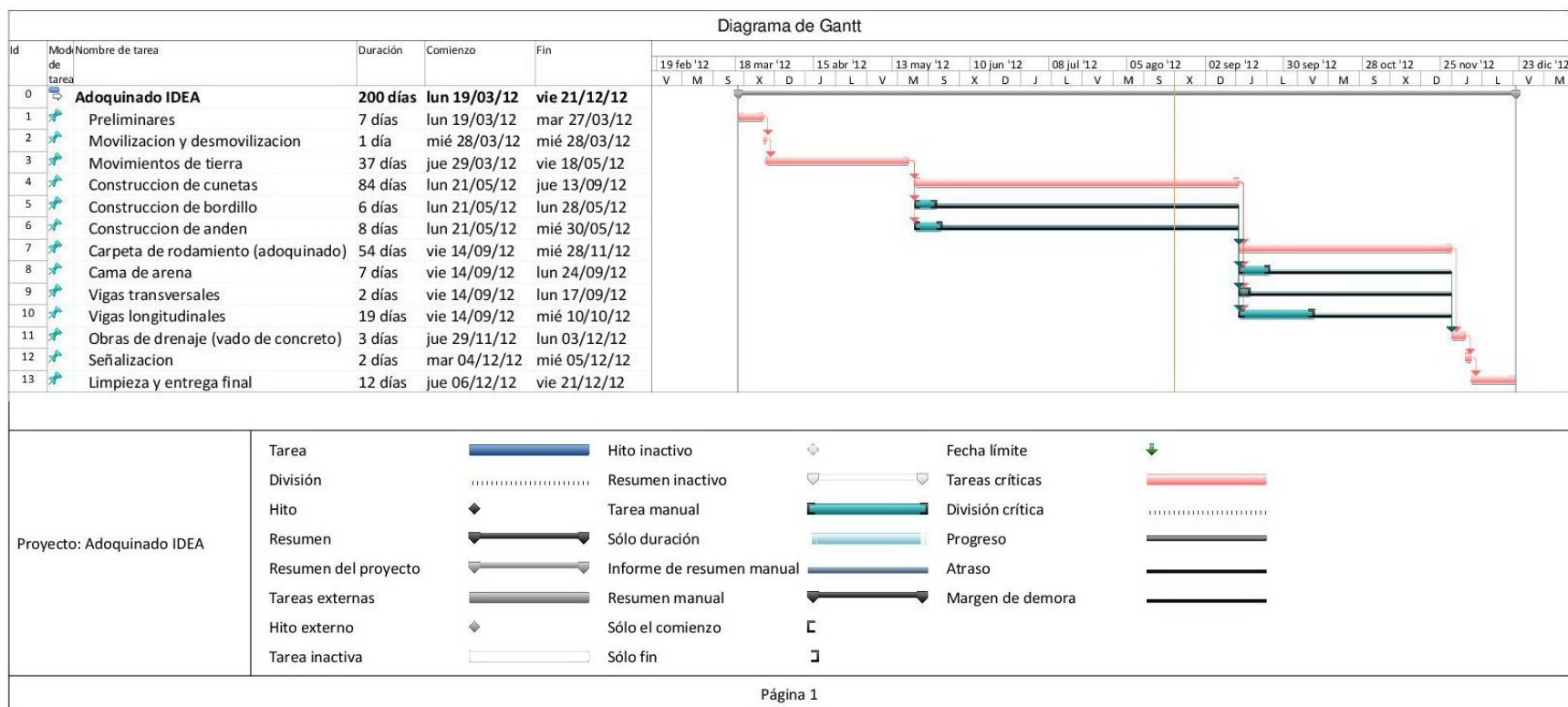
**Fuente:** Propia

Luego de obtener las duraciones de cada actividades mediante las normas de rendimiento horarias se procedió a elaborar el diagrama de Gantt mediante el programa Microsoft Office Project Professional 2,010. Una vez establecidas las secuencias de actividades se obtuvieron las siguientes duraciones:



Fuente: Propia.

*Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA) 2012*



Fuente: Propia.

## **4.2 PRESUPUESTO**

Dentro de la construcción, el control de la presupuesto presenta particularidades propias en cada obra, en virtud de las características que diferencian este tipo de obras, al involucrar una serie de procesos y operaciones extensas, donde cada una implica métodos de construcción, equipos y maquinarias, mano de obra diferentes, al existir lugares de trabajo siempre diferentes, personal en la obra variados: profesionales, obreros calificados, obreros no calificados, cuyos costos por lo tanto son variables y difíciles de controlar.

Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada y analizada desde todos los puntos de vistas: Normas específicas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso, ajuste de precios, etc.

Por lo anterior elaborar un presupuesto de obra representa una gran responsabilidad por el riesgo que involucra.

La información que se maneje debe ser veraz y oportuna y, en la mayoría de los casos, debe integrarse en el menor tiempo posible en virtud de la proximidad de la obra y la variabilidad de los costos.

El presupuesto debe incluir el análisis del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la obra. Presupone el precio de la obra en determinadas circunstancias, por lo que es un valor aproximado, no preciso.

#### **4.2.1 Elemento del presupuesto**

Todo presupuesto de obra está formado por una serie de partidas o capítulos, que agrupan un concepto de obra o actividades, formuladas con una secuencia lógica y conveniente, desde el punto de vista constructivo o para efectos de pago.

Cada partida, como ya se anotó está conformada por conceptos de obra, mismos que constituyen la parte más importante del presupuesto para fines de medición y pago, y en algunos casos, dependiendo de la integración de los conceptos, para fines de programación de la ejecución de la obra a nivel de actividades.

Así mismo, cada concepto de obra, está construido por un conjunto de componentes caracterizado por materiales de construcción y rendimiento humanos, que integran la operación de la unidad de obra mediante el uso de la herramienta o equipo requerido.

#### **4.2.2 Elaboración del presupuesto**

Para elaborar un presupuesto se requiere determinar todos los conceptos que intervienen en una obra. Para ello es necesario conocer el trabajo a realizar, estudiando los planos arquitectónicos, estructurales, y de instalaciones.

Debe verificarse que se contemplen todos los conceptos con las características y cualidades deseadas, previamente definidas en las especificaciones técnicas.

##### **4.2.2.1 Factores determinantes en la elaboración del presupuesto**

- Ubicación
- Tipo de suelo
- Materiales de acabados
- Métodos constructivos



- Especificaciones técnicas de la obra
- Fecha de inicio y terminación de la obra
- Programa general de la obra por etapas
- Condiciones de contratación de la obra
- Disponibilidad de maquinaria (propia, renta o compra)
- Disponibilidad de materiales en la región
- Disponibilidad de mano de obra especializada y su rendimiento

#### **4.2.2.2 Etapas de elaboración de presupuesto**

1. Con base a los planos se determinan las partidas y se elaboran los catálogos de conceptos que intervienen en la obra.
2. Se procede a realizar la cuantificación por concepto de trabajo
3. Una vez conocida la cuantificación por concepto de trabajo, se procede a cuantificar los materiales a utilizarse en cada concepto y en la calidad especificada.
4. Habiendo definido la relación de materiales y su cantidad se deberán investigar los precios en el mercado de zona.
5. Se formarán las cuadrillas de trabajo y su costo por jornada de mano de obra que intervienen en la ejecución de los trabajos.
6. Una vez analizados los costos directos anteriores y conociendo los costos indirectos de operación que intervienen durante el proceso de la obra se procede a formar los precios unitarios de cada concepto de trabajo.
7. Con los análisis de precios unitarios, aplicados a los volúmenes a ejecutar, se obtiene el presupuesto de la obra.

### **4.2.3 Precio unitario**

Es la remuneración o pago total que debe cubrirse por cada unidad de concepto de trabajo terminado, ejecutado conforme a las especificaciones técnicas de construcción correspondiente.

Cada precio unitario está integrado por Costos Directos y Costos Indirectos.

Constituye el precio de cada concepto de obra. Para obtenerlo se analizan sus componentes: Los materiales, mano de obra, herramientas y equipos (costos directos), además de los gastos por administración de oficinas, impuestos y utilidad (costos Indirectos).

Un precio unitario está formado por todos aquellos componentes que, en su debida proporción, son requeridos para integrar una unidad de medida de un elemento de la obra, por ejemplo al analizar un precio unitario de un muro de determinadas características se encuentra que está integrado de una serie de componentes como, paredes, concreto, mano de obra y herramientas requeridas para construirlo, en su debida proporción para formar un metro cuadrado de muro, el cual constituye la unidad de medida que se utiliza en este caso.

Los contratistas y empresas constructoras manejan determinados tipos de precios unitarios dependiendo de la clase de obra que construyan.

El análisis y principalmente la actualización de estos precios unitarios representan para cualquier compañía una tarea tediosa, por la precisión de sus resultados, y costos, por los volúmenes que se manejan.

#### **4.2.4 Costo directo**

Es el conjunto de erogaciones que tienen aplicación en un producto determinado. Está compuesto por la suma de los gastos de: materiales, mano de obra, equipos y herramientas.

La integración del costo de materiales en un precio unitario o en un presupuesto implica considerar su valor dependiendo del tiempo y lugar de su adquisición. Por ello se deben analizar los posibles elementos que lo integrarán ya puesto en obra.

Factores que afectan el costo de un material:

- Precio de lista del proveedor
- Fletes
- Seguros
- Almacenamiento
- Maniobra de carga y descarga
- Mermas y desperdicios

El precio de lista del proveedor más los gastos de los factores ya descritos conformarán el costo del material puesto en obra, y será el que se considere para los efectos del presupuesto.

A fin de contar con un costo lo más aproximado, tomando en cuenta los aspectos de tiempo, lugar de la obra, secuencias y procesos constructivos, se recomienda algunas consideraciones importantes para tal efecto:

- Considerar el tiempo de adquisición y de su utilización.
- Realizar una investigación de mercado considerando el lugar de la obra.
- Considerar tipo de comunicación en la región.
- Analizar las condiciones de las vías de comunicación, distancias y medios de transporte de carga.

- Analizar la conveniencia de asegurar el material dependiendo de su costo, tipo, volumen, distancia para su transportación y condiciones generales de la región.
- Certificar que el tipo de material que se adquiere es el requerido mediante las especificaciones técnicas.
- Certificar la cantidad de material requerido, verificando los planos, croquis auxiliares y cálculo de desperdicios, etc.
- Establecer un control de existencias y salidas de material en bodega
- Considerar materiales auxiliares en la ejecución de algunos trabajos preparatorios de la obra.

#### **4.2.4.1 Costo de mano de obra**

Es el conjunto de erogaciones que son aplicadas al pago del salario de los trabajadores de la construcción, ya sea a nivel individual o por grupos o cuadrillas por concepto de la ejecución directa de un trabajo establecido.

Este pago puede ser de dos tipos:

- Pago de una jornada de trabajo a un precio previamente acordado, nunca menor al salario mínimo.
- Destajo. Pago por la cantidad de obra realizada por cada trabajador o grupos de trabajadores a un precio unitario, previamente acordado.

#### **4.2.4.2 Costo de materiales**

La integración del costo de materiales en un precio unitario o en un presupuesto implica considerar su valor dependiendo del tiempo y lugar de su adquisición. Por ello se deben de analizar los posibles elementos que lo integrarán ya puesto en la obra.

Factores que afectan el costo de material:

- Precio de proveedor
- Almacenamiento
- Maniobra de carga y descarga
- Desperdicios

El precio del proveedor más los gastos de los factores ya descritos conformarán el costo del material puesto en obra, y será el que se considere para efectos del presupuesto.

#### **4.2.4.3 Costo de herramientas y equipos**

**Herramienta.** Las erogaciones por concepto de la depreciación de la herramienta que se utiliza en una obra de construcción, se considera como un porcentaje de la mano de obra (3% en la mayoría de los casos), que equivale aproximadamente al desgaste que sufre por uso, dicho cargo es con el objeto de reponer la herramienta de referencia, ya sea por la empresa o por el trabajador que en muchos casos usa su propia herramienta.

Este porcentaje es una costumbre que se ha generalizado para efectos de facilitar los cálculos de un análisis más extenso, de ninguna manera representa un costo real, toda vez que cada herramienta tiene un precio de adquisición distinto, así como una vida útil diferente.

**El Equipo y la maquinaria.** En cualquier obra implica una erogación considerable cuantía, tanto para sus cargos intrínsecos como por lo que representa en el desarrollo de la obra.

Un análisis incorrecto de sus costos o la no disponibilidad para efectuar el trabajo correspondiente, en el tiempo programado, puede representar un desequilibrio financiero en la obra.

Para efectos de integrar los cargos de la maquinaria al presupuesto se realiza un análisis detallado el costo por hora-maquinaria, mismo que consta de los siguientes elementos:

- Cargos Fijos. Depreciación, inversión, seguro, almacén y mantenimiento
- Cargos Por Consumo. Combustible, lubricantes y llantas
- Cargos Por Operación. Salarios, horas efectivas de trabajo

#### **4.2.5 Costos indirectos**

Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado y se considera como la suma de gastos técnicos administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

El costo indirecto se divide en tres grandes grupos, el costo indirecto de operación, el costo indirecto de cada una de las obras y los cargos adicionales.

**Costo Indirecto de Operación:** Es la suma de gastos, que por su naturaleza, son aplicables a todas las obras efectuadas en un lapso determinado.

**Costo Indirecto de Obra:** es la suma de todos los gastos, que por su naturaleza, son de aplicación a todos los conceptos de una obra especial.

**Cargos Adicionales:** están integrados por imprevistos, financiamiento, utilidad, impuestos y fianzas.

#### **4.2.5.1 Costos indirectos de operación**

Sugerimos dividir los gastos en los siguientes rubros enunciativos y de ninguna manera limitativos:

##### **1. Gastos Técnicos Administrativos**

- Honorarios, sueldos y prestaciones
- Servicios

Estos gastos son los que representan la estructura ejecutiva, técnica administrativa y asesores.

##### **2. Alquileres y Depreciaciones**

- (Depreciaciones, mantenimiento y renta)

Son aquellos gastos por concepto de bienes, muebles e inmuebles y de servicios necesarios para el buen desarrollo de las funciones técnicas, administrativas y de staff de la empresa.

##### **3. Obligaciones y Seguros**

- (Seguros, fianzas y mantenimiento)

Son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y conveniente para la dilución y riesgo.

##### **4. Materiales de Consumo**

- (Gastos de oficina)

Son aquellos gastos necesarios para el buen desempeño de las funciones, técnicas, administrativas y de staff de la empresa)

## **5. Capacitación y Promoción**

Entre los gastos de capacitación y promoción se puede mencionar los siguientes: cursos a obreros y a empleados, cursos de gastos de congresos a funcionarios, gastos de celebraciones de oficina, de honorarios extraordinarios basado en la productividad, atenciones a clientes, etc.

## **6. Cargas impositivas**

En este inciso se deben de considerar aquellos impuestos que la ley obliga a incluir en el costo de la construcción y todas aquellas tasas por servicios que establecen tanto el Estado como las municipalidades. Se trata del impuesto general al valor (IGV), del impuesto a la renta (IR), de los impuestos municipales (IM), del impuesto por servicios profesionales, del permiso de construcción, etc.

### **4.2.5.2 Imprevistos**

Es indispensable precisar, que a cada nivel o etapa de un planteamiento económico, corresponde un imprevisto, deben confinarse a aquellas acciones que quedan bajo el control y responsabilidad del constructor y que la provisión por indeterminaciones debe considerarse contingencia previsible y manejarse fuera del imprevisto y de la suma alzada.

Los tipos de imprevistos son:

#### **a) Naturales:**

Terremotos, maremotos, inundaciones, rayos y sus consecuencias



b) Económicos:

Salarios oficiales de emergencia, cambios de jornadas oficiales de trabajo, cambio o implementación de nuevas prestaciones laborales y sociales, nuevas cargas impositivas y devaluaciones súbitas y no programada de la moneda.

c) Humanas:

Guerra, revoluciones, motines, golpes de estados, colisiones, incendios, explosión, huelga a fabricantes y proveedores de insumos únicos.

#### **4.2.5.3 Utilidades**

Las utilidades son las ganancias obtenidas por las empresas o contratista, los parámetros aceptados oscilan del 10 al 20% de los costos directo de una obra municipal.

A continuación se presenta el cálculo del presupuesto para el proyecto **“Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)”**

El procedimiento del cálculo se realizó con ayuda del Manual de Presupuesto de Obras Municipales (INIFOM).

Elaborado por el Departamento de Inversiones y Servicios Municipales, Managua, Nicaragua.

#### 4.2.6 Cálculos del presupuesto

##### ETAPA: 250 – PRELIMINARES

Sub – Etapa: 01 – Limpieza inicial U/M M<sup>2</sup>  
N.P.H 9,340

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Limpieza	m <sup>2</sup>	9,340	C\$ 8.92	C\$ 83,312.80
<b>Total</b>				<b>C\$ 83,312.80</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 8.92</b>

Sub – Etapa: 02 – Trazo y Nivelación U/M M<sup>2</sup>  
N.P.H 9,340

##### Materiales

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Reglas 1"x2"x6vrs	U	72	C\$ 54.00	C\$ 3,888.00
Cuartones 2"x2"x6vrs	U	120	C\$ 108.00	C\$ 12,960.00
Nylon	Rollos	6	C\$ 40.00	C\$ 240.00
Clavos 1 ½ "	lbs	10	C\$ 13.50	C\$ 135.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 17,223.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 1.84</b>

##### Transporte

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Reglas 1"x2"x6vrs	U	72	C\$ 2.50	C\$ 180.00
Cuartones 2"x2"x6vrs	U	120	C\$ 2.50	C\$ 300.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 480.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 0.05</b>

**Mano de obra**

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Nivelación para adoquinado	m²	9,340	C\$ 1.46	C\$ 13,636.40
Hacer y colocar niveletas	U	167	C\$ 12.00	C\$ 2,004.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 15,640.40</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 1.67</b>

**Resumen**

Materiales	C\$ 17,223.00
Transporte	C\$ 480.00
Mano de obra	C\$ 15,640.40
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 3.57</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 33,343.40</b>

## ETAPA: 260 – MOVIMIENTO DE TIERRA

### Sub – Etapa:

#### 1. Descapote

U/M m²

N.P.H 9,332.87

TCO = C\$ 23.0964

Fecha: 08/02/2012

#### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	1	U\$ 3.25	7.78	U\$ 25.29
Ayudante	1	U\$ 0.96	7.78	U\$ 7.47
<b>Total</b>				<b>U\$ 32.76</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.004</b>

#### Equipo

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Motoniveladora 120H	1	U\$ 50.00	7.78	U\$ 389.00
<b>Total</b>				<b>U\$ 389.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.04</b>

#### Resumen

Mano de obra	U\$ 32.76	C\$ 756.64
Equipo	U\$ 389.00	C\$ 8,984.50
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.05</b>	<b>C\$ 1.06</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 421.76</b>	<b>C\$ 9,740.91</b>

## 2. Acopio de Material

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 6,462.41

### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	1	U\$ 3.25	58	U\$ 188.50
Ayudante	1	U\$ 0.96	58	U\$ 55.68
<b>Total</b>				<b>U\$ 244.18</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.04</b>

### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Tractor D6	1	U\$ 50.00	58	U\$ 2,900.00
<b>Total</b>				<b>U\$ 2,900.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.45</b>

### Resumen

Mano de obra	U\$ 244.18	C\$ 5,639.68
Equipo	U\$ 2,900.00	C\$ 66,979.56
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.49</b>	<b>C\$ 11.25</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 3,144.18</b>	<b>C\$ 72,619.24</b>

### 3. Carga de material sobrante de corte

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 2,917.88

#### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	1	U\$ 3.25	11.53	U\$ 37.47
Ayudante	1	U\$ 0.96	11.53	U\$ 11.07
<b>Total</b>				<b>U\$ 48.54</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.02</b>

#### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Tractor D6	1	U\$ 65.00	11.53	U\$ 749.45
<b>Total</b>				<b>U\$ 749.45</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.26</b>

#### Resumen

Mano de obra	U\$ 37.47	C\$ 865.42
Equipo	U\$ 749.45	C\$ 17,309.60
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.27</b>	<b>C\$ 6.24</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 786.92</b>	<b>C\$ 18,175.02</b>

#### 4. Transporte de material sobrante

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 2,917.88

##### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Conductor	4	U\$ 2.50	11.69	U\$ 29.23
<b>Total</b>				<b>U\$ 29.23</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.01</b>

##### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Camión Vol DT-466E	4	U\$ 45.00	11.69	U\$ 526.05
<b>Total</b>				<b>U\$ 526.05</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.18</b>

##### Resumen

Mano de obra	U\$ 29.23	C\$ 675.11
Equipo	U\$526.05	C\$ 12,149.86
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.19</b>	<b>C\$ 4.39</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 555.28</b>	<b>C\$ 12,824.97</b>

## 5. Conformación del bombeo sobre la sub – rasante

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 328.43

### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	2	U\$ 3.25	3.78	U\$ 24.57
Ayudante	2	U\$ 0.96	3.78	U\$ 7.26
<b>Total</b>				<b>U\$ 31.83</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.10</b>

### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Motoniveladora 120H	1	U\$ 50.00	3.78	U\$ 189.00
Cisterna	1	U\$ 25.00	3.78	U\$ 94.50
<b>Total</b>				<b>U\$ 283.50</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.86</b>

### Resumen

Mano de obra	U\$ 31.83	C\$ 735.16
Equipo	U\$ 283.50	C\$ 6,547.83
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.96</b>	<b>C\$ 22.17</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 315.33</b>	<b>C\$ 7,282.99</b>



**6. Cargar material cortado durante la conformación**

**U/M m<sup>3</sup>**

**N.P.H 426.960**

**Mano de obra**

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operario	1	U\$ 3.25	2.00	U\$ 6.50
Ayudante	1	U\$ 0.96	2.00	U\$ 1.92
<b>Total</b>				<b>U\$ 8.42</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.02</b>

**Equipo**

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Cargador frontal	1	U\$ 65.00	2.00	U\$ 130.00
<b>Total</b>				<b>U\$ 130.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.30</b>

**Resumen**

Mano de obra	U\$ 8.42	C\$ 194.47
Equipo	U\$ 130.00	C\$ 3,002.53
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.32</b>	<b>C\$ 7.39</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 138.42</b>	<b>C\$ 3,197.00</b>

**7. Transporte de material cortado durante la conformación**    **U/M**    **m³**  
**N.P.H**    **426.96**

**Mano de obra**

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Conductor	4	U\$ 2.50	1.95	U\$ 19.5
<b>Total</b>				<b>U\$ 19.5</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.04</b>

**Equipo**

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Camión Vol DT-466E	4	U\$ 45.00	1.95	U\$ 87.75
<b>Total</b>				<b>U\$ 87.75</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.18</b>

**Resumen**

Mano de obra	U\$ 19.5	C\$ 450.38
Equipo	U\$ 87.75	C\$ 2,026.71
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.22</b>	<b>C\$ 4.99</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 107.25</b>	<b>C\$ 2,477.09</b>



## 2. Transporte de material selecto

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 2426.55

### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Conductor	5	U\$ 2.5	20	U\$ 50.00
<b>Total</b>				<b>U\$ 50.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.02</b>

### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Camión Vol DT-466E	5	U\$ 45.00	20	U\$900.00
<b>Total</b>				<b>U\$900.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.37</b>

### Resumen

Mano de obra	U\$ 50.00	C\$ 1,154.82
Equipo	U\$ 900.00	C\$ 20,786.76
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.39</b>	<b>C\$ 9.00</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 950.00</b>	<b>C\$ 21,941.58</b>

### 3. Tendido y humectación de material selecto

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 2,426.55

#### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	2	U\$ 3.25	24.628	U\$ 160.082
Ayudante	2	U\$ 0.96	24.628	U\$ 47.286
<b>Total</b>				<b>U\$ 207.37</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.08</b>

#### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Motoniveladora 120H	1	U\$ 50.00	24.628	U\$ 1,231.4
Cisterna	1	U\$ 25.00	24.628	U\$ 615.7
<b>Total</b>				<b>U\$ 1,847.1</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.76</b>

#### Resumen

Mano de obra	U\$ 207.37	C\$ 4,789.5
Equipo	U\$ 1,847.1	C\$ 42,661.36
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 0.84</b>	<b>C\$ 19.55</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 2,054.47</b>	<b>C\$ 47,450.86</b>

#### 4. Compactación de la base

U/M m<sup>3</sup>

N.P.H 2,426.55

##### Mano de obra

Descripción	Cantidad	Sal/h	Cantidad (h)	Total
Operador	1	U\$ 3.25	98.040	U\$ 316.63
Ayudante	1	U\$ 0.96	98.040	U\$ 94.12
<b>Total</b>				<b>U\$ 410.75</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$ 0.17</b>

##### Equipo

Descripción	Cantidad	Rta/h	Cantidad (h)	Total
Compactador	1	U\$ 45.00	98.040	U\$ 4,411.8
<b>Total</b>				<b>U\$ 4,411.8</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>U\$1.82</b>

##### Resumen

Mano de obra	U\$410.75	C\$ 9,486.85
Equipo	U\$ 4,411.8	C\$ 101,896.7
<b>Costo unitario total</b>	<b>U\$ 1.99</b>	<b>C\$ 45.90</b>
<b>Total</b>	<b>U\$ 4,822.55</b>	<b>C\$ 111,383.55</b>

## ETAPA: 270 – CARPETA DE RODAMIENTO

### Sub – Etapa: 01 – Adoquinado

U/M      M<sup>2</sup>  
N.P.H      5,840

#### Materiales

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Adoquines enteros	U	116,907	C\$ 9.05	C\$ 1,058,008.35
Medio adoquines	U	10,920	C\$ 4.78	C\$ 52,197.60
Arena	m <sup>3</sup>	406.20	C\$ 110.00	C\$ 44,682.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 1,154,887.95</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 197.76</b>

#### Transporte

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Adoquines enteros	U	116,907	C\$ 1.60	C\$ 187,051.20
Medio adoquines	U	10,920	C\$ 0.80	C\$ 8,736.00
Arena	m <sup>3</sup>	406.20	C\$ 200.00	81,260.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 277,047.20</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 47.44</b>

### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Cama de arena	m <sup>2</sup>	5,840	C\$ 5.56	C\$ 32,470.40
Pegar adoquines	m <sup>2</sup>	5,840	C\$ 25.00	C\$ 146,000.00
En calichar	m <sup>2</sup>	5,840	C\$ 3.50	C\$ 20,440.00
Acarreo manual de Adoq	U	116,907	C\$ 0.30	C\$ 35,072.10
Acarreo manual de M Adoq	U	10,920	C\$ 0.30	C\$ 3,276.00
Acarreo manual de arena	m <sup>3</sup>	26.57	C\$ 6.50	C\$ 172.71
<b>Total</b>				<b>C\$ 237,431.21</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>40.66</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 1,154,887.95
Transporte	C\$ 277,047.20
Mano de obra	C\$ 237,431.21
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 285.85</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 1,669,366.36</b>



## ETAPA: 280 – CUNETAS, ANDENES Y BORDILLOS

Sub – Etapa: 01 – Cunetas de caite de concreto

U/M          ml  
N.P.H        2000

### a) Concreto para cuneta

#### Materiales

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Tabla 1"x6"x6vrs	U	147	C\$ 223.00	C\$ 32,781.00
Tabla 1"x8"x6vrs	U	147	C\$ 246.00	C\$ 36,162.00
Tabla 1"x14"x6vrs	U	147	C\$ 317.00	C\$ 46,599.00
Cemento	bolsas	2,525	C\$ 160.00	C\$ 404,000.00
Arena	m <sup>3</sup>	183.98	C\$ 300.00	C\$ 55,194.00
Grava	m <sup>3</sup>	246.33	C\$ 450.00	C\$ 110,848.50
<b>Total</b>				<b>C\$ 685,584.50</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$342.79</b>

#### Transporte

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Tabla 1"x6"x6vrs	U	147	C\$ 2.50	C\$ 367.50
Tabla 1"x8"x6vrs	U	147	C\$ 2.50	C\$ 367.50
Tabla 1"x14"x6vrs	U	147	C\$ 2.50	C\$ 367.50
Cemento	bolsas	2,525	C\$ 15.00	C\$ 37,875.00
Arena	m <sup>3</sup>	183.98	C\$ 200.00	C\$ 33,796.00
Grava	m <sup>3</sup>	246.33	C\$ 250.00	C\$ 61,582.50
<b>Total</b>				<b>C\$ 134,356.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 67.178</b>

### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Hacer concreto	m <sup>3</sup>	255	C\$ 500.00	C\$ 127,500.00
Colado y fraguado del c	m <sup>3</sup>	255	C\$ 150.00	C\$38,250.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 165,575.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 82.875</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 685,534.50
Transporte	C\$ 134,356.00
Mano de obra	C\$ 165,575.00
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 492.73</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 985,465.50</b>

## b) Mortero para repello

### Materiales

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Cemento	bolsas	146	C\$ 160.00	C\$ 23,360.00
Arena	m <sup>3</sup>	14.92	C\$ 300.00	C\$ 4,476.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 27,836.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$13.92</b>

### Transporte

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Cemento	bolsas	146	C\$ 15.00	C\$ 2,190.00
Arena	m <sup>3</sup>	14.92	C\$ 200.00	C\$ 2,984.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 5,174.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 2.59</b>

### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Hacer mortero 1:3	m <sup>3</sup>	18.19	C\$ 500.00	C\$ 9,095.00
Acarreo manual de cemento	bolsas	146	C\$ 2.5	C\$365.00
Acarreo manual de arena	m <sup>3</sup>	14.92	C\$ 10.00	C\$ 149.20
<b>Total</b>				<b>C\$ 9,609.2</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 4.80</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 27,836.00
Transporte	C\$ 5,174.00
Mano de obra	C\$ 9,609.2
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 21.31</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 42,619.2</b>

**Sub – Etapa: 05 – Viga de remate transversal**

**U/M**      **ml**  
**N.P.H**      **58.40**

**Materiales**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento	bolsas	18	C\$ 160.00	C\$ 2,880.00
Arena	m³	1.26	C\$ 300.00	C\$ 378
Grava	m³	1.69	C\$ 450.00	C\$ 761.85
Acero #3	qq	1.88	C\$ 740.00	C\$ 1,391.2
<b>Total</b>				<b>C\$ 5,411.05</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 92.65</b>

**Transporte**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento	bolsas	18	C\$ 15.00	C\$ 270.00
Arena	m³	1.26	C\$ 200.00	C\$ 252
Grava	m³	1.69	C\$ 250.00	C\$ 423.25
Acero #3	qq	1.88	C\$ 220.00	C\$ 413.6
<b>Total</b>				<b>C\$ 1,358.85</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 23.27</b>

### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Hacer concreto	m <sup>3</sup>	1.75	C\$ 500.00	C\$ 876.00
Colado y fraguado del c	m <sup>3</sup>	1.75	C\$ 150.00	C\$ 262.80
<b>Total</b>				<b>C\$ 1,138.80</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 19.50</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 5,411.05
Transporte	C\$ 1,358.85
Mano de obra	C\$ 1,138.80
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 135.78</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 7,908.7</b>

**Sub – Etapa: 07 – Andenes de concreto**

**U/M      m<sup>2</sup>**  
**N.P.H      2,400**

**Materiales**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Reglas 1"x3"x6 vrs	U	120	C\$ 187.00	C\$ 22,440.00
Cemento	bolsas	1,782	C\$ 160.00	C\$ 285,120.00
Arena	m <sup>3</sup>	129.87	C\$ 300.00	C\$ 38,961.00
Grava	m <sup>3</sup>	173.88	C\$ 450.00	C\$ 78,246.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 424,767.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 176.99</b>

**Transporte**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Reglas 1"x3"x6 vrs	U	120	C\$ 2.50	C\$ 300.00
Cemento	bolsas	1,782	C\$ 15.00	C\$ 26,730.00
Arena	m <sup>3</sup>	129.87	C\$ 200.00	C\$ 25,974.00
Grava	m <sup>3</sup>	173.88	C\$ 250.00	C\$ 43,470.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 96,474.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 40.20</b>

**Mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Uni</b>	<b>Total</b>
Hacer concreto	m <sup>3</sup>	180	C\$ 500.00	C\$ 90,000.00
Colado y fraguado del c	m <sup>3</sup>	180	C\$ 150.00	C\$ 27,000.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 117,000.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 48.75</b>

**Resumen**

Materiales	C\$ 424,767.00
Transporte	C\$ 96,474.00
Mano de obra	C\$ 117,000.00
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 265.93</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 638,241.00</b>

**Sub – Etapa: 15 – Viga longitudinal de concreto**

**U/M      ml**  
**N.P.H      2,000**

**Materiales**

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Cemento	bolsas	223	C\$ 160.00	C\$ 35,680.00
Arena	m³	16.23	C\$ 300.00	C\$ 4,869.00
Grava	m³	21.74	C\$ 450.00	C\$ 9,783.00
Acero #3	qq	27.81	C\$ 740.00	C\$20,579.40
<b>Total</b>				<b>C\$ 70,911.40</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 30.68</b>

**Transporte**

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Total
Cemento	bolsas	223	C\$ 15.00	C\$ 3,345.00
Arena	m³	16.23	C\$ 200.00	C\$ 3,246.00
Grava	m³	21.74	C\$ 250.00	C\$ 5,435.00
Acero #3	qq	27.81	C\$ 220.00	C\$ 6,118.2
<b>Total</b>				<b>C\$ 18,144.2</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 9.072</b>



### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Hacer concreto	m <sup>3</sup>	22.50	C\$ 500.00	C\$ 11,250.00
Colado y fraguado del c	m <sup>3</sup>	22.50	C\$ 150.00	C\$ 3,375.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 14,625.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 7.13</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 70,911.40
Transporte	C\$ 18,144.2
Mano de obra	C\$ 14,625.00
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 51.84</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 103,680.60</b>

**ETAPA: 290 – Obras de drenaje**

**Sub – Etapa: 26 – Vados de concreto**

**U/M      m<sup>2</sup>**  
**N.P.H      70.08**

**Materiales**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento	bolsas	78	C\$ 160.00	C\$ 12,480.00
Arena	m <sup>3</sup>	5.69	C\$ 300.00	C\$ 1,707.00
Grava	m <sup>3</sup>	7.62	C\$ 450.00	C\$ 3,429.50
Acero #3	qq	6.69	C\$ 740.00	C\$ 4,950.60
Alambre de amarre	Libras	44.2	C\$ 15.00	C\$ 663.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 23,229.60</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$441.96</b>

**Transporte**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento	bolsas	78	C\$ 15.00	C\$ 1,170.00
Arena	m <sup>3</sup>	5.69	C\$ 200.00	C\$ 1,138.00
Grava	m <sup>3</sup>	7.62	C\$ 250.00	C\$ 1,905.00
Acero #3	qq	6.69	C\$ 220.00	C\$ 1,471.80
Alambre de amarre	Libras	44.2	C\$ 2.00	C\$ 88.40
<b>Total</b>				<b>C\$ 5,773.20</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$109.84</b>

### Mano de obra

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Uni	Total
Hacer concreto	m <sup>3</sup>	7.88	C\$ 500.00	C\$ 3,940.00
Colado y fraguado del c	m <sup>3</sup>	7.88	C\$ 150.00	C\$ 1,182.00
<b>Total</b>				<b>C\$5,122.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 97.45</b>

### Resumen

Materiales	C\$ 23,229.60
Transporte	C\$ 5,773.20
Mano de obra	C\$ 5,122.00
<b>Costo unitario total</b>	<b>C\$ 649.25</b>
<b>Total</b>	<b>C\$ 34,124.80</b>

**ETAPA: 291 – Señalización vial**

**Sub – Etapa: 02 – Señales de información**

**U/M      U**  
**N.P.H      10**

**Materiales**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Rotulo	U	10	C\$ 1,750.00	C\$ 17,500.00
<b>Total</b>				<b>C\$ 17,500.00</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 1,750.00</b>

**Sub – Etapa: 04 – Señales viales permanentes**

**U/M      ml**

**N.P.H      1000**

**Mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Pintado con equipo	ml	1000	C\$ 1.40	C\$ 1,400
<b>Total</b>				<b>C\$ 1,400</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 1.40</b>

**ETAPA: 300 – Limpieza y entrega**

**Sub – Etapa: 01 – Limpieza final**

**U/M        m²**  
**N.P.H     9,340**

**Mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Limpieza final	m²	9,340	C\$ 8.92	C\$ 83,312.8
<b>Total</b>				<b>C\$ 83,312.8</b>
<b>Costo Unitario</b>				<b>C\$ 8.92</b>

## PRESUPUESTO DESGLOSADO POR RUBRO

**Proyecto:** Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)

**Tabla 4.4:** Resumen de los costos por etapa

Etapas	Sub - Etapas	Descripción	U/M	Cantidad	Costo de Materiales	Costo de Transporte	Costo de Equipo	Costo de Mano de obra	Costo unitario	Total
<b>250</b>	<b>00</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>M²</b>	<b>9,340</b>	<b>17,223.00</b>	<b>480.00</b>	<b>0.00</b>	<b>98,953.20</b>	<b>12.04</b>	<b>116,656.20</b>
	01	Limpieza Inicial	M²	9,340	0.00		0.00	83,312.80	8.92	83,312.80
	02	Trazo y Nivelación	M²	9,340	17,223.00	480.00	0.00	15,640.40	3.56	33,343.40
<b>251</b>	<b>00</b>	<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>37,500.00</b>	<b>37,500.00</b>
	01	Movilización y Desmovilización de Equipo	km	50	0.00	750.00	0.00	0.00	750.00	37,500.00
<b>260</b>	<b>00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>M³</b>	<b>9,380.29</b>	<b>849,292.5</b>	<b>0.00</b>	<b>310,061.09</b>	<b>26,249.15</b>	<b>126.39</b>	<b>1,185,602.74</b>
	<b>01</b>	<b>Descapote</b>	<b>M²</b>	<b>9,332.87</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>8,984.50</b>	<b>756.64</b>	<b>0.05</b>	<b>9,740.91</b>
	<b>02</b>	<b>Cortes y Rellenos</b>	<b>M³</b>	<b>9,380.29</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>96,439.02</b>	<b>7,180.21</b>	<b>11.05</b>	<b>103,619.23</b>
		Acopio de Material	M³	6,462.41	0.00	0.00	66,979.56	5,639.68	11.25	72,619.24
		Carga de material sobrante de corte	M³	2,917.88	0.00	0.00	17,309.60	865.42	6.23	18,175.02
		Transporte de material sobrante	M³	2,917.88	0.00	0.00	12,149.86	675.11	4.40	12,824.97
	<b>05</b>	<b>Conformación del bombeo de la sub-rasante</b>	<b>M³</b>	<b>328.43</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11,577.07</b>	<b>1,380.01</b>	<b>39.45</b>	<b>12,957.08</b>
		Conformación del bombeo	M³	328.43	0.00	0.00	6,547.83	735.16	22.17	7,282.99
		Carga de mat. cortado durante la conformación	M³	426.96	0.00	0.00	3,002.53	194.47	7.39	3,197.00
		Transporte de mat.cortado durante la conf.	M³	426.96	0.00	0.00	2,026.71	450.38	4.99	2,477.09
	<b>07</b>	<b>Explotación del banco de materiales</b>	<b>M³</b>	<b>2,426.55</b>	<b>849,292.50</b>	<b>0.00</b>	<b>48,502.44</b>	<b>2,656.09</b>	<b>371.08</b>	<b>900,451.03</b>
		Explotación del banco	M³	2,426.55	849,292.50	0.00	27,715.68	1,501.27	362.04	878,509.45
		Transporte de material selecto	M³	2,426.55	0.00	0.00	20,786.76	1,154.82	9.04	21,941.58
	<b>09</b>	<b>Conformación de la carpeta</b>	<b>M³</b>	<b>2,426.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>144,558.06</b>	<b>14,276.20</b>	<b>65.45</b>	<b>158,834.41</b>
		Tendido y humectación de material	M³	2,426.55	0.00	0.00	42,661.36	4,789.50	19.55	47,450.86
		Comp. De la base	M³	2,426.55	0.00	0.00	101,896.70	9,486.85	45.90	111,383.55

Fuente: Propia

Etapa	Sub – Etapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo de Materiales	Costo de Transporte	Costo de Equipo	Costo de Mano de obra	Costo unitario	Total
<b>270</b>	<b>00</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	<b>M²</b>	<b>5,840</b>	<b>1,154,887.92</b>	<b>277,047.20</b>	<b>0.00</b>	<b>237,431.21</b>	<b>285.85</b>	<b>1,669.366.33</b>
	01	Adoquinado	M²	5,840	1,154,887.92	277,047.20	0.00	237,431.21	285.85	1,669.366.36
<b>280</b>	<b>00</b>	<b>CUNETAS, ANDEN Y BORDILLOS</b>	<b>MI</b>	<b>2000</b>	<b>1,214,464.95</b>	<b>255,507.05</b>	<b>0.00</b>	<b>307,948.00</b>	<b>888.96</b>	<b>1,777,920.00</b>
	01	Cunetas de caite de concreto	MI	2000	685,539.5	134,356	0.00	165,575.00	492.73	985,465.5
		Acabado integral	MI	2000	27,836.0	5,174.00	0.00	9,609.20	21.31	42,619.2
	05	Viga de remate transversal	MI	58.40	5,411.05	1,358.85	0.00	1,138.80	135.42	7,908.7
	07	Andenes de concreto	M²	2,400	424,767.00	96,474.00	0.00	117,000.00	265.93	638,241.00
	15	Viga longitudinal de concreto	MI	2000	70,911.40	18,144.2	0.00	14,625.00	51.84	103,680.6
<b>290</b>	<b>00</b>	<b>OBRAS DE DRENAGE</b>	<b>M²</b>	<b>52.56</b>	<b>23,229.60</b>	<b>5,773.20</b>	<b>0.00</b>	<b>5,122.00</b>	<b>649.25</b>	<b>34,124.80</b>
	26	Vados de concreto	M²	52.56	23,229.60	5,773.20	0.00	5,122.00	649.25	34,124.80
<b>291</b>	<b>00</b>	<b>SEÑALIZACION VIAL</b>	<b>U</b>	<b>10.00</b>	<b>17,500.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,400.00</b>	<b>1,890.00</b>	<b>18,900.00</b>
	02	Señales de información	U	10.00	17,500.00	0.00	0.00	0.00	1,750.00	17,500.00
	04	Señales viales permanentes	MI	1000	0.00	0.00	0.00	1,400.00	1.40	1,400.00
<b>300</b>	<b>00</b>	<b>LIMPIZA Y ENTREGA</b>	<b>M²</b>	<b>9,340</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>83,312.80</b>	<b>8.92</b>	<b>83,312.80</b>
	01	Limpieza final	M²	9,340	0.00	0.00	0.00	83,312.80	8.92	83,312.80
<b>TOTAL</b>			<b>M²</b>	<b>9,340</b>	<b>3,276,597.97</b>	<b>538,807.45</b>	<b>310,061.09</b>	<b>760,416.36</b>	<b>523.11</b>	<b>4,885,882.87</b>

Fuente: Propia

**COSTOS INDIRECTOS.** Los porcentajes que se utilizaran en los diferentes tipos de costos fueron brindados por la alcaldía de Diriamba

**Costos indirectos de operación (administración)**

Organización de la empresa

Costos de la oficina central

Se considerará un 3% sobre los costos directos.

**Costos indirectos de obra**

Organización de la obra

Costos de oficina de obra

Se considerará un 7% sobre los costos directos.

### **Imprevistos**

Para los imprevistos se tomará un 1%

### **Financiamiento de garantías**

#### **Mantenimiento de oferta.**

Se considera 1% de CD mientras dure el proceso de licitación (2 meses máximos) costos directos

#### **Cumplimiento de contrato**

Se considera 20% de los costos directos

#### **Adelantos**

Se considera 40% del costo de los

#### **Vicios ocultos**

Se considera 5% anual

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * \text{Total defianzas} * \text{Costos Directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * 66\% * \text{Costos Directos} = \frac{1.98\%}{\text{mes}} * \text{Costos Directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * 7 \text{ meses} * \text{Costos Directos} = 21\% * \text{Costos Directos}$$

Entonces, el factor de sobre costo (Fsc):

Costos indirectos de operación	C\$ 3%
Costos indirectos de obra	C\$ 7%
Imprevistos	C\$ 1%
<u>Financiamiento</u>	<u>C\$ 21%</u>
Fsc	C\$ 28%



Costos indirectos =  $CD \times Fsc$

Costos indirectos = C\$ 4,885,882.87 x 0.28

**Costos indirectos = C\$ 1, 368,047.20**

**Costo Total de la obra (Precio Base)**

Costos Directos	C\$ 4, 885,882.87
Costos Indirectos	<u>C\$ 1, 368,047.20</u>
<b>Sub total</b>	<b>C\$ 6, 253,930.07</b>
Utilidades (7%)	<u>C\$ 437,775.11</u>
<b>Total sin impuestos</b>	<b>C\$ 6, 691,705.18</b>
Impuesto municipal (1%)	C\$66,917.05
Retención pos servicio de construcción (2%)	<u>C\$ 133,834.10</u>
<b>Total sin IVA</b>	<b>C\$ 6, 892,456.33</b>
IVA(15%)	C\$ 1, 033,868.45
<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 7, 926,324.78</b>

## CAPITULO V

### IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se aborda el impacto que tiene la construcción del proyecto **“Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)”** en el medio ambiente, ubicado en el llamado Triangulo de Oro que une a Diriamba con las comunidades de El Carmen, El Diamante y la Hacienda de café San José.

Este capítulo trata de reflejar los diferentes impactos al medio ambiente durante la construcción del proyecto así como intentar atenuar en lo más posible dichos impactos.

Los impactos directos de los proyectos de caminos y carreteras, resultan de su construcción, mantenimiento y tránsito.

Los impactos más importantes relacionados con la construcción, son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación, o construcción del piso: pérdida de la capa vegetal, exclusión de otros usos para la tierra; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas; deslaves, erosión y sedimentación de ríos y lagos; degradación de vistas o destrucción de sitios culturales; e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales.

Muchos de estos impactos pueden surgir, no sólo en el sitio de construcción, sino también en las áreas de almacenamiento de materiales que sirven al proyecto.

Los impactos directos por el uso de los caminos y carreteras pueden incluir: mayor demanda de combustibles para los motores; accidentes con los medios no motorizados de transporte o el remplazo de los mismos; mayor contaminación del aire, ruido, desechos a los lados del camino; daños físicos o muerte a animales y personas que intentan cruzar la vía; riesgos de salud y daños ambientales a raíz de los accidentes con materiales peligrosos en tránsito; y contaminación del agua debido a los derrames o la acumulación de contaminantes en la superficie de los caminos.

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por ley que quien planifica y financia las obras realice previamente un estudio de Impacto Ambiental.

De este último resultan obligaciones para el Emprendedor de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del Proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables.

El Emprendedor del Proyecto traspasa estas obligaciones al Ejecutor de las obras, el Contratista, quien recibe compensación por realizar las obras viales y las obras de protección, provisionales y permanentes, para mitigar los daños.

La mitigación se hace de tres maneras:

1. Ejecutar las obras viales atendiendo las normas a seguir en las operaciones constructivas.
2. Construcción de obras de protección previstas en los planos.
3. Construcción de obras provisionales y toma de medidas eventuales que permiten una ejecución de las obras viales evitando que fenómenos naturales como la lluvia, el viento, el fuego, afecten al medio ambiente y los recursos naturales.

En la tabla 5.1 se muestra un análisis de la calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto.

**Tabla 5.1:** Análisis de la calidad ambiental.

Factores Ambientales	Alteraciones Ambientales		Valoración de la calidad Ambiental
	Efectos	Causas	
Clima	Erosión de Suelo	Falta de vegetación	Negativa
Falta de Sistema de Drenaje Pluvial	Formaciones de lodo putrefacto en grandes cantidades	Erosión de Suelos	Negativa

**Fuente:** Universidad Nacional de Ingeniería, Programa de estudios ambientales urbanos y territoriales.

NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE DISEÑO (Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el diseño, Construcción y Mantenimiento de carreteras.(Secretaría de Integración Económica Centroamericana,-SIECA-))

El Contratante de la obra vial debe cerciorarse de que los planos de construcción y el presupuesto incluyan todas las obras ambientales específicas establecidas en los EIA así como en los permisos o licencias correspondientes.

La apertura de accesos, por parte de los contratistas, para desplazar personal, maquinaria y materiales hacia los diferentes frentes de trabajo, en ocasiones causa más impactos que la construcción misma de la vía, debido a que en la mayoría de los casos los constructores abren los accesos sin tener un diseño previo de los mismos. A lo anterior se suma el hecho de que no se establecen presupuestos para esta actividad, razón que conlleva a que la misma se ejecute con el mínimo de inversión en los aspectos técnicos y de control ambiental.

Se evitarán las rutas con tramos de pendientes muy fuertes o prolongadas ya que a mayores pendientes, mayores los riesgos de erosión en las áreas contiguas al camino o carretera.

Dentro de los impactos más frecuentes se pueden mencionar los siguientes:

- Pérdida de cobertura vegetal,
- Afectación de especies vegetales cercanas,
- Aparición de fenómenos erosivos,
- Desestabilización de taludes y laderas naturales,
- Compactación de suelos,
- Atropellamiento o ahuyentamiento de fauna,
- Arrojo de material sobrante a media ladera,
- Obstrucción de drenajes,
- Inestabilidad de márgenes,
- Emisiones de polvo y partículas,
- Emisiones de gases y ruido,
- Cambios en el paisaje,
- Deterioro de infraestructura existente,
- Afectación de predios aledaños, entre otros.

## **5.1 Impactos ambientales que genera la construcción del proyecto.**

Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles, y Puentes (NIC-2000), detallan la manera de construir las obras para la mitigación de impactos. A continuación se muestra una tabla con los diferentes impactos negativos que se pueden generar con la construcción del proyecto “**Diseño de un kilómetro de adoquinado para acceder al Instituto de Excelencia Académica (IDEA)**” posteriormente se presentara otra tabla que contendrá los impactos negativos de mayor relevancia y la forma de mitigarlos.

**Tabla 5.2:** Impactos ambientales negativos para el proyecto.

<b>Impactos o acciones Del proyecto</b>	<b>Factor del medio Afectado</b>	<b>Efecto directo</b>
<b>Limpieza</b>	Clima	Reduce la cubierta vegetal
	Calidad del aire	Pérdida de la humedad relativa por la disminución de la vegetación
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Mayor erosión por la pérdida de la cubierta vegetal
	Vegetación	Se reduce la vegetación por el obra y destronque
	Fauna	Se reduce el hábitat de las especies
	Paisaje	Se pierde vegetación que caracteriza la zona
<b>Movimiento de Tierra</b>	Calidad del aire	Origina polvo en suspensión
	Ruidos	Ruido ocasionado por la maquinaria
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Desconsolida el estado natural del suelo
	Vegetación	Se pierde el área de vegetación en el área de movimiento de tierra
	Fauna	Se reduce el hábitat de la fauna
	Paisaje	Cambia el medio físico
	Transporte	Se afecta por excavaciones que atraviesan el camino
<b>Relleno</b>	Calidad del aire	Origina polvo en suspensión
	Ruidos	Ruido propio de la actividad
	Geología y Geomorfología	Altera la topografía de la tierra
	Suelo	Desconsolida el estado natural del suelo
	Vegetación	Pérdida momentánea de la vegetación
	Fauna	Traslado de micro-especies a otro sitio
	Paisaje	Cambia el medio físico

**Fuente:** UNI. Programa de estudios ambientales urbanos y territoriales.

## **5.2 Programa de mitigación de los impactos ambientales.**

El programa de mitigación tiene por objeto prevenir los efectos adversos de los impactos ambientales negativos generados por el proyecto, así como definir el o los responsables de la ejecución de las medidas y determinar el costo en que se incurre por prevenir ese efecto adverso.

La ventaja de incorporar el presente análisis ambiental cuando se está elaborando el proyecto, radica en que este es el momento más oportuno de introducir las medidas de mitigación (que pueden ser de prevención o de corrección) y esto implica reducir los costos, comparado con el hecho de que estas medidas se incorporen cuando el proyecto está totalmente formulado o en ejecución

Lo que se persigue es que los impactos detectados en la fase de proyección que violen normas técnicas, reglamentos o normas de protección o conservación del ambiente en vigor, deben establecerse medidas de mitigación antes de que se dé por culminado el proyecto, considerándose esas medidas como un proceso normal dentro del ciclo del proyecto.

Las medidas de mitigación se clasifican en:

- Medidas de Ingeniería
- Medidas de Manejo
- Revisión de políticas y normas

Las dos primeras son las más conocidas y se utilizan frecuentemente en los proyectos. De ellas las medidas de Ingeniería son las más usuales y es donde se incluyen el tratamiento de desechos o el uso de equipos y/o materiales

alternativos con el objeto de mejorar las descargas y emisiones al medio ambiente y la responsabilidad de la introducción de estas medidas es de los formuladores.

Las medidas de manejo se refieren al conocimiento de las condiciones de operación del proceso con el fin de ajustarlas a las necesidades ambientales. El objetivo de estas medidas se encaminan al monitoreo de las condiciones ambientales y mantener un nivel de impacto dentro de los rangos razonables o aceptables.

La revisión de política se enmarca en una etapa donde después de haber considerado las medidas de ingeniería y manejo, puede que con ellas no sea factible alcanzar las normas o criterios ambientales existentes.

En este caso puede ser conveniente la revisión de políticas que comprenden una comparación entre la necesidad de realizar el proyecto y la posibilidad de cumplir con las normas y/o criterios ambientales existentes.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las medidas de mitigación de impactos ambientales negativos más relevantes por la ejecución del proyecto **“Diseño de un kilómetro de adoquinado para dar acceso al instituto de excelencia Académica (IDEA)”**



**Tabla 5.3:** Medidas de mitigación contra el impacto ambiental negativo.

Acciones Impactante	Efectos	Medidas de mitigación	Responsable
Trabajos preliminares (limpieza y descapote)	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra	Contratista
	Producción de desechos orgánicos e inorgánicos	Selección del sitio receptor de los desechos	Dueño de la inversión
		Recolección, transporte y disposición de los desechos	Contratista
	Producción de ruidos	Colocación de barreras	Contratista
	Tala de árboles	Reposición de árboles talados	Contratista
	Producción de excretas humanas	Construcción de letrina provisional.	Contratista
Trabajos de movimiento de tierra (incluye bancos de préstamos si fuera necesario)	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra	
	Producción de ruidos	Colocación de barreras	
	Riesgo de Erosión	Recubrir con tierra vegetal al concluir los trabajos	
	Riesgo de inestabilidad de taludes	Realizar el corte de taludes con el ángulo de reposo	
	Alteración de geomorfología en Bancos de préstamos	Disponer en el sitio la corteza vegetal.	
	Riesgo de inundación o alteración régimen hidrológico en banco de préstamo	Realizar corte según ángulos de reposos	
		Nivelar el terreno Restituir capa vegetal	
	Mala Calidad del material de Préstamo	Utilizar material selecto según especificaciones técnicas	
	Riesgo de contaminación por hidrocarburos (grasas y combustibles)	Selección de sitios para mantenimiento de la maquinaria y recolectar residuos grasas y combustibles	Contratista
	Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada	Realización de sondeos para localizar red de cables, tuberías, etc.	Contratista
		Reparación de daños causados a la propiedad pública y/o privada.	
Infraestructura vertical (comprende fundaciones, estructuras, acabados y transporte de materiales)	Cambios a la forma de escorrentía	Realizar un adecuado drenaje del sitio durante la ejecución de los trabajos	Contratista
	Posible aumento de arrastres de sedimentos	Mantener adecuada compactación y protección contra el arrastre de materiales	Contratista
	Intrusión visual en el paisaje	Tapiado provisional del sitio	
	Riesgo de accidentes	Colocación de señales preventivas	Contratista
	Emisión de polvo	Humedecimiento de la tierra	Contratista
	Presión sobre la red vial	Medidas de regulación	Contratista
	Producción de Ruido	Colocación de barreras	Contratista
	Producción de desechos	Recolección y transporte de desechos	Contratista
	Riesgo de arrastres de sedimentos	Acopio y almacenaje organizado de materiales	Contratista
	Riesgo de inundaciones	Achicar agua	Contratista

**Fuente:** UNI. Programa de estudios ambientales urbanos y territoriales.

En las medidas de atenuación se debe tener en cuenta que no se puede perjudicar a la población en el desempeño de sus actividades económicas, procurando que las operaciones de construcción no obstruyan el acceso de las viviendas, la infraestructura social o el sitio de trabajo de la comunidad. Cuando esto no se pueda evitar, el contratista deberá proveer accesos equivalentes o alternativos a los que existían.

En la Etapa de construcción se deben crear accesos alternativos a comunidades, reubicación de pequeños negocios próximos a la vía, reubicación de actividades en áreas aledañas. La alteración de la calidad del aire por las emisiones de los motores del equipo de construcción debe ser controlada mediante el buen funcionamiento mecánico de dichos motores. La alteración causada por el polvo se controlará mediante la aplicación de riegos de agua o de productos aprobados.

El Contratista tomará las siguientes provisiones que garanticen la seguridad del tráfico vehicular y peatonal:

1. Colocar señales preventivas que alerten a los pobladores y conductores sobre el riesgo existente al acercarse al área de construcción.
2. Establecer límites de velocidad en las cercanías de áreas habitadas.
3. Colocar señales de desvío en los tramos donde estén trabajando las máquinas.
4. Controlar el tráfico mediante señales, marcas y delineadores en la vía. Estos dispositivos serán adecuados a las características de cada tramo de trabajo.

Las medidas de seguridad que el contratista tiene que implementar, dependerá en gran medida de la presencia de postes, árboles, zanjas, taludes abruptos y barreras al lado de la vía. Además de controlar las señales, marcas, ubicación

de intersecciones, arreglos para acceso a la vía, estacionamiento, y paradas de buses, provisiones para peatones, ciclistas y usuarios no motorizados.

## **NORMAS AMBIENTALES PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

El Contratista debe cumplir con todas las regulaciones, leyes, decretos o normas relativas a la Protección Ambiental (Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el diseño, Construcción y Mantenimiento de carreteras.(Secretaría de Integración Económica Centroamericana,-SIECA)),tanto locales como nacionales que, de una forma u otra, involucren la Construcción Vial (reconstrucción, rehabilitación, mejoramiento, ampliación y otras), esta etapa se ha dividido en las siguientes fases:

- Implementación.
- Supervisión ambiental.
- Construcción y operación de campamentos.
- Apertura y adecuación de accesos.
- Operación de maquinaria.
- Transporte y acarreos.
- Cortes y rellenos o terraplenes.
- Secciones típicas para excavación en roca.
- Secciones típicas para excavación en tierra.
- Secciones típicas para construcción de rellenos.
- Secciones típicas para rellenos sobre áreas húmedas.
- Depósito de desperdicios en botaderos.
- Medidas para protección de taludes.
- Construcción de obras de drenaje.
- Construcción de puentes y obras especiales.
- Extendido y compactación de carpeta de rodadura.

- Demarcación y señalización temporal y definitiva.
- Limpieza final de la obra.
- Finalización de los trabajos de construcción.

## **OPERACIÓN O VIALIDAD**

Después de aceptados los trabajos de construcción, se pasa a las etapas de operación y mantenimiento de todas las obras viales, así como la continuación de las medidas ambientales a efecto de lograr la sustentabilidad y sostenibilidad de las mismas.

Las normas ambientales que deberán aplicarse en esta etapa son las siguientes:

1. Operación .En esta etapa ocurren los impactos indirectos que suceden cuando la carretera está en uso para el movimiento de personas y mercancías. Aparecen nuevos asentamientos humanos, incremento del tránsito vehicular, comercios, demanda de bienes y servicios, utilización de recursos naturales, actividades extractivas y otras.

Durante las etapas anteriores, se han adoptado medidas ambientales de prevención, mitigación, reposición y otras.

Consistentes con esa política, los Ministerios de Transporte o sus homólogos, deben incluir en las actividades de control y seguimiento previo al mantenimiento, formas de colaborar con las instancias administrativas que por mandato legal, les corresponde aplicar las leyes sectoriales de manejo y protección de los recursos naturales, para asegurar la sostenibilidad ambiental del proyecto vial.

2. La utilización de los recursos naturales en las áreas adyacentes a las vías, se realizará conforme lo establecido en las leyes ambientales sectoriales y se procurará en esta etapa de operación, vigilar por que se cumplan las normas ambientales establecidas, para lo cual se deberán dar los avisos y denuncias a las autoridades correspondientes.
3. La tala, quema, modificación de la cobertura arbórea, traslado de trozas y otras como instalación de aserraderos, deberán ser reportadas a las autoridades forestales correspondientes.
4. Las actividades extractivas, especialmente en taludes, bancos de préstamo, riberas o cauces de ríos, por parte de personas ajenas a las autorizadas, deberán comunicarse a las autoridades ambientales y de minería.
5. Las autoridades regionales, nacionales y/o locales en el ámbito de su jurisdicción y competencia, deberán velar por el cumplimiento de estas normas ambientales, las cuales deberán ser proporcionadas oficialmente por el Ministerio de Transporte o sus equivalentes.

## **CAPITULO VI**

### **REQUISITOS DEL PROCESO DE LICITACION**

En este capítulo se presenta una serie de cláusulas y condiciones propuesta por los autores para que sean evaluadas en la construcción del proyecto “DISEÑO DE UN KILOMETRO DE ADOQUINADO PARA ACCESAR AL INSTITUTO DE EXCELENCIA ACADEMICA (IDEA)” en la ciudad de Diriamba, es de gran importancia destacar que estas condiciones no son precisamente las que regirán en el momento del contrato por licitación ya que los autores no son trabajadores de la alcaldía sino que únicamente han aportado sus conocimientos para elaborar este documento.

Una vez que los autores hayan terminado con el diseño de proyecto antes mencionado, será la alcaldía de Diriamba quien califique a la empresa constructora que ejecutará el proyecto, por tanto, es dicha alcaldía quien se encargará de controlar toda la documentación y adjudicación pertinente al proceso de licitación.

A continuación se presenta la propuesta del pliego de bases y condiciones para que sea utilizada por la alcaldía de Diriamba para la licitación del proyecto “DISEÑO DE UN KILOMETRO DE ADOQUINADO PARA ACCESAR AL INSTITUTO DE EXCELENCIA ACADEMICA (IDEA)”

#### **6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

##### ***ESPECIFICACIONES GENERALES:***

Todas las obras deberán ser ejecutadas conforme los planos y especificaciones técnicas proporcionadas por el dueño, los volúmenes de obra se pagarán por unidad de medida totalmente terminada, conforme se indique en los planos, especificaciones técnicas y los precios establecidos en el presupuesto de la oferta

presentada. Por lo tanto cualquier alcance de obra complementario que no este considerado deberá de ser notificado por escrito al supervisor del proyecto y esperar orientaciones al respecto.

El CONTRATISTA debe incluir todos los costos que sean necesarios, sin omitir alguna actividad, para evitar que sus costos presenten errores.

Cada Oferente, antes de presentar su oferta, tiene la obligación de visitar el sitio y lugar del proyecto para que pueda considerar todos los factores que influyan tanto en los costos, como en la calidad de las obras.

En caso de que existan contradicciones en los planos y especificaciones técnicas, el Ingeniero supervisor (Designado por la Alcaldía Municipal de Diriamba), decidirá tal incongruencia, dejando por escrito en el libro de Bitácora del proyecto la solución correcta. El CONTRATISTA debe solicitar por escrito tal decisión antes de empezar cualquier actividad, ya que si incurre en obras defectuosas, que castiguen la calidad o la seguridad estructural y se compruebe mal intención de su parte, será responsabilidad suya demoler y construir sin costo adicional para el dueño. Las Especificaciones Técnicas, Planos y Bitácora tienen el mismo peso.

El CONTRATISTA será responsable de los daños que ocasione a tuberías, cables, pavimentos, cunetas, aceras y estructura sobre y bajo la tierra, sean que estén o no indicadas en los planos; además, deberá por su cuenta asumir los gastos de protección de las mismas, repararlas o remplazarlas de ser necesario.

El CONTRATISTA tomará todas las precauciones necesarias para prevenir daños a terceros en la ejecución de la obra, esto en cualquier tipo de estructura sobre o bajo la tierra, este deberá de proteger y preservar la propiedad privada. Todo daño a terceros e infraestructura ocasionado por el CONTRATISTA correrá por su cuenta el total reparo de los daños. Además deberá garantizar la señalización preventiva del proyecto según la naturaleza del mismo.

El CONTRATISTA deberá de leer todas las especificaciones técnicas planteadas en este documento. Las especificaciones técnicas se apoyaran en el Nic-2000.

## **6.2 ESPECIFICACIONES DETALLADAS.**

### **6.2.1 Preliminares**

#### **Art. 1. Medidas de Pago.**

Todos los trabajos preliminares se pagarán mediante unidades de medidas completamente terminadas, de acuerdo a los avances de los avalúos los cuales deberán de tener un avance mínimo del 15 % del monto del contrato, así como también con los precios y conceptos establecidos en el desglose de actividades (Etapas y Sub.-Etapas) en que se presente el presupuesto ofertado.

#### **Art. 2. Construcciones e Instalaciones Temporales.**

Las construcciones e instalaciones temporales que el CONTRATISTA requiera para la ejecución del proyecto, deberán ser consideradas en sus costos indirectos, con el fin de reducir costos, ya que lo que cobrará será el alquiler de las mismas y una vez finalizado el proyecto, podrán ser desinstaladas y regresadas a las bodegas del CONTRATISTA.

#### **Art. 3. Limpieza Inicial.**

El CONTRATISTA debe ubicar el sitio del Proyecto; los Planos que señalan los límites de la Obra y especifican los árboles, arbustos, plantas y objetos que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el Supervisor y por escrito en el Libro de Bitácora.



Todos los objetos de la superficie y todos los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitados de los últimos 50 centímetros superficiales

Los materiales de desecho que no puedan ser quemados, podrán ser retirados del área deshaciéndose de ellos en lugares alejados del Proyecto y fuera de los límites visibles de éste, mediante permiso escrito del Supervisor y del Dueño de la Propiedad en la que se depositarán dichos desperdicios.

El CONTRATISTA deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio de la limpieza inicial.

En caso de que El CONTRATISTA no pueda quemar ó retirar los desechos en un tiempo razonable, del área del Proyecto y los mismos estorben para las subsecuentes operaciones de construcción, será responsabilidad de él trasladar dichos desperdicios a lugares provisionales donde no estorben las maniobras de construcción.

Todos los escombros producidos por la ejecución de las Obras del Proyecto serán depositados en el Vertedero Municipal o en el lugar que indique el Supervisor.

#### **Art. 5. Trazo y Nivelación.**

Una vez limpia el área de trabajo donde se desarrollará el proyecto, EL CONTRATISTA deberá realizar el replanteo topográfico de todo el proyecto, para verificar todo lo concerniente a la planimetría y la altimetría indicada en planos, incluyendo la elevación de los BM ubicados en el sitio. En caso de encontrarse con alguna discrepancia o que los BM indicados en planos han sido removidos o afectados en su posición original, El CONTRATISTA deberá restablecerlos trasladando el nivel desde el BM más cercano aprobado por la supervisión.

Se hará el Trazo del Eje Central del Proyecto, el Trazo de Cunetas con un sólo alineamiento horizontal y Secciones en general para el Adoquinado, Vados indicados en los Planos o de las Secciones que se requieran y que sean exigidas por el Supervisor. El CONTRATISTA dispondrá el Equipo Topográfico necesario.

El CONTRATISTA trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel, o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome. El CONTRATISTA será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Supervisor.

El CONTRATISTA comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los Documentos del Contrato. Niveletas, estacas de nivelación, tacos, etc., permanecerán en su posición hasta que el área de la construcción haya sido establecida permanentemente. El CONTRATISTA será responsable de proteger de daños todas las líneas, niveles y puntos de referencia y si se destruyen deberán ser reparados y repuestos por su cuenta, notificando al Supervisor. Cuando el trazo esté sustancialmente terminado solicitará si puede eliminarlos.

Si el CONTRATISTA tiene alguna inquietud sobre estos puntos, los Topógrafos de la Municipalidad revisará su trabajo, para que éste construya los bancos de nivelación y compactación tal como se describe en estas especificaciones, no obstante el CONTRATISTA asumirá el resguardo de estos puntos una vez revisado por dichos Topógrafos y el Supervisor.

#### **Art. 6. Rótulo.**

El CONTRATISTA deberá instalar un rótulo, en el punto donde lo indique el Supervisor, este será metálico según diseño y especificaciones suministrados por el Dueño. El Costo del rótulo será asumido por el CONTRATISTA y será su

responsabilidad mantenerlo en buen estado durante la Ejecución del Proyecto, este rótulo deberá ser instalado al iniciar la obra y debe garantizar el cuidado del mismo.

### **6.2.2 Movimiento de tierra**

#### **Art. 1. Trabajos Requeridos.**

Los trabajos requeridos para el movimiento de tierra de este proyecto deberá ser ejecutado de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Nic.- 2,000 utilizando para ello el equipo adecuado, a excepción de aquellos sitios o áreas en que por las características propias de obras propuestas a ejecutarse tengan que realizarse con equipo manual. Los trabajos incluidos en esta sección son:

- Preparación y limpieza del sitio.
- Trazo y Nivelación
- Corte y excavación.
- Nivelación y Conformación Compactada.
- Explotación de los Bancos de Materiales.
- Rellenos y Compactación con Mezcla de Hormigón y Material Selecto.
- Limpieza y Acarreo del material de desecho.

#### **Art. 2. Conocimiento del Estudio de Suelos.**

Es de ineludible responsabilidad por parte de EL CONTRATISTA conocer a fondo el estudio de suelos y en caso de cualquier situación diferente que resulte y/o se observe en el terreno que pueda poner en riesgo la estabilidad de las obras del proyecto, estas deberán ser puestas a su debido tiempo en conocimiento del DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN para analizar la situación y de ser necesario tomar las medidas adecuadas al respecto.

### **Art. 3. Preparación y Limpieza del Sitio de la Obra.**

El sitio será entregado a como se encuentra y el CONTRATISTA será responsable de llevar a cabo en él todos los trabajos de demolición y limpieza de todas aquellas estructuras que existan y que afecten el desarrollo del proyecto, así como también la limpieza, el acarreo y el transporte de los materiales de desechos que resulten de las demoliciones y limpieza del área donde se propone ejecutar el proyecto.

### **Art. 4. Alcances.**

Los trabajos de movimiento de tierra, comprenden el descapote, cortes y/o excavación, explotación de bancos de materiales; carga, descargue y transporte del material selecto, así como el procesamiento, compactación de terraza, sub-base y base, tienen que retirarse del sitio de la obra todo el material sobrante y desechos.

El CONTRATISTA hará todo lo necesario para llevar a cabo en forma técnica y apropiada la construcción de las obras de movimiento de tierra de acuerdo a los niveles indicados en los planos constructivos y cumpliendo a cabalidad con todas las disposiciones técnicas indicadas en el NIC-2,000.

### **Art. 5. Descapote, Corte y/o Excavación.**

Los diferentes cortes (descapote, corte y/o excavación), consiste en el trabajo necesario para remover el material existente en el terreno hasta los niveles de desplante indicados en los planos constructivos, es aplicable para la construcción de calles, áreas de maniobra, estacionamiento y cualquier otro tipo de construcción horizontal y vertical a construirse en el proyecto.

El nivel de corte deberá ser respetado para así realizar el relleno con material selecto compactado que se requieren tanto en las terrazas para las edificaciones como para la base y sub-base que se requiere en las calles, áreas de maniobra y otros según lo indicado en planos constructivos y estas especificaciones técnicas.

Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo. *Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo.*

En caso de encontrarse material inestable o depósitos de desechos orgánicos (basura) ésta será extraída y sustituido con material selecto compactado como mínimo al 95% Proctor. El fondo de toda excavación o corte deberá quedar de acuerdo al nivel indicado en los planos, *se deberá de escarificar 10 cm. y compactar como mínimo al 95% Proctor Estándar* donde se construirá el Adoquinado, antes de proceder a realizar los rellenos con material selecto compactado.

#### **Art. 6. Explotación de Bancos.**

El banco de material a utilizar será:

Material selecto: Banco San Antonio, de acuerdo a propuesta del CONTRATISTA siempre y cuando sean respaldados por el análisis de un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN.

El CONTRATISTA realizará los arreglos que sean necesarios con los dueños de los predios donde se encuentren ubicados los bancos de materiales seleccionados, para adquirir los derechos de explotación de los mismos, liberando a EL DUEÑO de toda responsabilidad en caso de incumplimientos con los acuerdos establecidos entre EL CONTRATISTA y el dueño del predio. Los costos en que se incurra por los análisis de laboratorio para respaldar la propuesta de utilizar cualquier banco de materiales correrán por cuenta de EL CONTRATISTA.

#### **Art. 7. Acarreo de Material Selecto.**

Antes de realizar el acarreo el CONTRATISTA deberá de llevar a un laboratorio de materiales, previamente aprobado por EL DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN, una

muestra del material selecto para verificar si las condiciones físico - mecánicas de estos no han cambiado desde el tiempo en que fueron muestreados originalmente los bancos de materiales.

El CONTRATISTA acarreará del banco de material selecto al proyecto en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abudamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará del banco establecido de acuerdo al estudio de suelo, en el caso de otros materiales que no estén presente en el Municipio, se podrá utilizar materiales de otros bancos que el CONTRATISTA estime conveniente siempre y cuando cumpla con las especificaciones técnicas, pruebas de laboratorio y cuente con la aprobación del Supervisor.

#### **Art. 8. Relleno.**

El material selecto a usarse en los rellenos será de los bancos indicados en el artículo # 6, El material deberá estar libre de toda materia vegetal u orgánica, de pedazos de madera o sustancias contaminantes. Si el CONTRATISTA quisiera utilizar otro banco de materiales deberá solicitarlo por escrito a la Supervisión, justificando el cambio y soportando su propuesta con resultados de estudios por un Laboratorio de Suelo, de reconocida capacidad y experiencia.

El relleno se realizará con una mezcla de dos materiales (esto es descrito en el artículo # 9). El relleno debe compactarse en capas uniformes no mayores a 20 centímetros de espesor dando no menos de 5 pasadas o las que recomiende el fabricante del equipo de compactación después de darle la humedad óptima hasta que alcance una densidad mínima del 95 % Proctor Standard, en esta actividad debe hacerse uso de equipo mecánico, al material a compactar se le debe dar la humedad necesaria.

Será responsabilidad del CONTRATISTA todo relleno defectuoso y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte incluye procesamiento. La Supervisión recibirá

metro cúbico de relleno debidamente compactado el cual será tomado para efecto de pago (metro cúbico compactado). El material procesado no deberá de tener piedras de diámetro mayor a 1”.

Las áreas para relleno deberán limpiarse de toda basura, material de desechos o impurezas. Las depresiones u hoyos bajo el nivel del suelo deberán ser rellenados con material selecto y compactado al 95 % Proctor Estándar.

El material de relleno deberá ser depositado en capas de 10 a 20 centímetros de espesor por toda el área y será debidamente compactada cada capa al 95% Proctor Estándar, debiéndose controlar la humedad del material para lograr la compactación requerida para cada capa. Para comprobar la densidad del suelo después de la compactación, se deberá utilizar el método del cono y la arena.

El SUPERVISOR podrá ordenar la suspensión del trabajo si a su juicio, EL CONTRATISTA no estuviere utilizando los equipos adecuados tanto para la explotación de los bancos, los cortes y/o excavación, la nivelación y conformación compactada, el acarreo de los materiales, procesamiento, la mezcla, el procesamiento, la compactación y la nivelación definitiva para dejar un trabajo de terracería de primera calidad.

La supervisión efectuará pruebas de compactación en cada capa terminada de fondo de sub-rasante 95% Proctor Estándar; Sub-base 95% Proctor Estándar; Base 95% Proctor Estándar, estas pruebas serán ordenadas por EL SUPERVISOR y serán realizadas a cada 100 m de distancia. Debido al control se deberá de elaborar, de común acuerdo con EL CONTRATISTA, el programa de compactación y control de la misma a fin de evitar atrasos en la ejecución del proyecto. Los costos de las pruebas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

En el caso que al realizar dichas pruebas, resulte una densidad inferior a la estipulada en estas especificaciones, el CONTRATISTA está obligado a realizar

las reparaciones y en el caso extremo la sustitución de toda la sub-base o base, los costos que se incurra durante el reparo o eliminación de la misma, si fuera necesario, correrán por cuenta del CONTRATISTA sin perjuicio de la calidad de la Obra.

El CONTRATISTA será responsable por la perfecta estabilidad de todos los trabajos realizados por lo cual deberá proteger todas las obras ejecutadas de imprevistos y en caso de daños a las mismas reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañado por la lluvia, descuido o negligencia de su parte, incluyendo taludes de estabilización del relleno.

#### **Art. 9. Estructura y Carpeta de Rodamiento.**

El material para la base corresponde al material del banco “San Antonio”. La estructura de la carpeta de rodamiento será la siguiente:

Base: 20Centímetros de espesor.

Arena: 5 Centímetros

Adoquín: 10 Centímetros

#### **Art. 10. Nivelación.**

Los rellenos deben de efectuarse hasta suficiente altura para que después del asentamiento por la compactación, éste quede de acuerdo con las elevaciones indicadas en los planos de niveles y terrazas.

#### **Art. 11. Limpieza y Acarreo de Materiales Sobrantes de Corte.**

Terminados los trabajos de movimiento de tierra el CONTRATISTA desalojará el material sobrante de corte y removerá del sitio todos los escombros y basuras resultantes dejando el sitio limpio, nítido y en condiciones de iniciar las obras subsiguientes.



### **6.2.3 Adoquinado**

#### **Art. 1. Alcances del Trabajo.**

Los trabajos de Carpeta de rodamiento consisten en proveer los materiales, equipos, mano de obra calificada y demás requisitos para construcción, calles revestidas con adoquín y otras obras exteriores de infraestructura indicados en planos.

#### **Art. 2. Calles con Pavimento de Adoquín.**

##### **a) - Materiales a utilizar:**

- Arena
- Arena Fina
- Adoquín y ½ adoquín (de 3,500 PSI)
- Piedra triturada
- Cemento
- Agua

##### **b) – Manejo de los a Adoquines:**

El transporte y manejo de los adoquines desde la planta al proyecto se realizará de la manera más ordenada, para evitar su deterioro y alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.

b.1 – Los adoquines se transportarán en Volquetas o camiones plataforma, ordenados en estibas, la operación de cargue y descargue se realizará a mano por “Voleo”, nunca como piedra en un cargador ni por “Volteo” de la Volqueta.

b.2 – Los adoquines en la obra deberán ser estibados con alturas no mayor de 1.50 metros, para evitar cualquier posible derrumbe y que estén a la disposición del alcance de la mano de cualquier obrero de la construcción.

b.3 – Dentro de la obra se utilizarán carretillas para llevar los adoquines desde las estibas hasta donde están los colocadores, con el fin que estos tengan a mano las unidades suficientes.

**c) – Arenas, Tipo y Calidad:**

Para la construcción de pavimentos con adoquín se utilizarán dos tipos de arena, una gruesa para la capa debajo de los adoquines y la otra fina para el sello de las juntas. El zarandeo, lavado y almacenamiento de las arenas se deberá hacer sobre un piso duro, preferiblemente de concreto para evitar así cualquier tipo de contaminación con materiales del suelo o terreno natural.

c.1 – La arena de tipo gruesa para la cama debajo de los adoquines deberá ser como la que se usa para el concreto, *pasada por una malla # 4 o zaranda de 2 x2 (con huecos de 1x1 centímetro de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño que contenga.

c.2 - La arena de tipo fina para el sellado de las juntas entre adoquines deberá ser como la que se usa para los repellos, *pasada por una malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5 x 2.5 milímetros de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño y materiales vegetales u otros elementos contaminantes.

**d) – Esparcido de la capa de arena por debajo del adoquín:**

La capa de arena gruesa debajo del adoquín tiene tres funciones que son:

d.1 - Servir de filtro para el agua que se pueda penetrar por las juntas.

d.2 - Ayudar a que los adoquines se amaren entre sí.

d.3 - Que sirva de colchón amortiguador al pavimento con adoquín.

Por lo tanto el rango permisible de espesor es 3- 5 cm.

**e) – Instalación de Adoquines:**

La instalación de los adoquines se realizará sobre la capa de arena gruesa debidamente esparcida, garantizando la correcta alineación y nivelación

(longitudinal y transversal), todo de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

e.1 – Es importante que tanto el patrón como la alineación de los adoquines se mantenga a lo largo y ancho de la vía o área que se vaya a pavimentar con adoquín, con el propósito de que se vea uniformidad en la alineación longitudinal y transversal de los mismos. *En este proyecto el eje central de la calle se definirá con la colocación de medios adoquines.*

e.2 – Para garantizar la alineación y la nivelación correcta de los adoquines es necesario que el CONTRATISTA establezca mediante lienzas o hilos las escuadras longitudinales y transversales en cuadrantes de 5x5 metros y chequear las hiladas de adoquín mediante el método práctico de escuadras 3 – 4-5 metros (donde los 5 metros son la diagonal).

e.3 – La instalación de adoquines se realizará directamente sobre la capa de arena debidamente esparcida y ya enrazada, cada adoquín se tomará manualmente y sin asentarlos se recuesta a tope con los adoquines vecinos ya instalados, sin dejar a propósito una junta abierta, ya que por las mismas irregularidades del adoquín y su colocación se genera *en promedio tener una abertura de 2 a 3 milímetros (Nunca deberá ser de 5 milímetros).*

e.4 – El ajuste del adoquín, tanto vertical como horizontal, deberá realizarse mediante golpes, utilizando para esto un martillo o mazo con cabezal de caucho.

**f) - Aceptación del Adoquín colocado:**

El CONTRATISTA no colocará la carpeta de rodamiento hasta no tener el visto bueno por parte de la Supervisión, y esta se asegure que la base cumple con las especificaciones que se exigen en el pliego de base. Todo adoquín que resulte fracturado será retirado y cambiado por cuenta del CONTRATISTA no haciéndole pago ni compensación alguna por esto, además en los extremos se deberá de utilizar medios adoquines y no se permitirá partir o quebrar adoquines enteros

para este fin. EL DUEÑO no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, acabado deficiente y/o con aristas quebradas, es obligación del CONTRATISTA adquirir adoquines de la calidad especificada y que sean a entera satisfacción del DUEÑO. La superficie adoquinada una vez terminada deberá tener un bombeo del 2.5% para facilitar el escurrimiento del agua.

**g) – Sellado de Juntas:**

El sellado de las juntas se realizará con el tipo de arena fina, pasada por malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5x2.5 milímetros, sin ningún tipo de material Cementante (Cal o Cemento)).

g.1 – La arena para sellar las juntas entre los adoquines deberá ser como la que se utiliza para los morteros de repello, la cual debe de estar totalmente seca y no tener granos de más de 2.5 milímetros de grosor.

g.2 - La arena fina para el sello de las juntas deberá estar libre totalmente de materias contaminantes y totalmente seca.

**h) – Compactación Final y Limpieza:**

La compactación final de la carpeta de adoquín se realizará con una Vibro compactadora de rodillo manual o mecánica, pero garantizando el barrido simultáneo o alterno del sello de arena.

h.1 – Es muy importante garantizar que la arena no se empaste sobre los adoquines, ni que se formen morros que permitan hundir los adoquines al pasar la vibro compactadora de plato.

h.2 – Una vez selladas las juntas se deberá dar al menos cuatro pasadas con el vibro compactador de rodillo en diferentes direcciones, traslapando cada recorrido o las pasadas que sean necesarias para garantizar que los adoquines queden completamente firmes.

h.3 – La arena fina sobrante utilizada para el sello se deberá dejar sobre el pavimento durante dos semanas salvo que por motivos de lluvia o riesgos de accidentes la SUPERVISIÓN y/o el DUEÑO determinen lo contrario.

h.4 - Una vez terminados los trabajos de sellado y compactación final del pavimento con adoquín, el CONTRATISTA deberá dejar el área completamente limpia lo cual será requisito indispensable para poder realizar la recepción del proyecto.

**i) – Pruebas de resistencia del adoquín**

El adoquín será sometido a pruebas de compresión, por cada 10,000 adoquines se romperán 10 cuya resistencia deberá de ser como mínimo de 3,500 psi, para poder ser colocados en la obra. Estas pruebas deberán de ser hechas en un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN. Y correrán a costo del CONTRATISTA.

**6.2.4 Cunetas, bordillos y vigas**

En los lugares donde existan portones de acceso a viviendas o negocios se deberá de dejar el bordillo en 10cm para permitir el acceso de vehículos.

**- Cunetas**

Las cunetas serán de concreto. Las cunetas tendrán repello y fino integral con piqueteo loco, todo de acuerdo con los detalles indicados en planos. Se deberá de curar como mínimo tres días consecutivos tres veces al día.

- Vigas Longitudinales para Adoquinado:

Las vigas de remate deberán ser de concreto simple de 3500 PSI, y manteniendo los niveles superiores de la rasante de la calle o área de pavimento con las dimensiones siguientes 7.5 cm x 15 cm.

Se utilizará una proporción de 1:2:3

- Viga Transversal para Adoquinado:

Considerando que el confinamiento del adoquinado es esencial para su funcionamiento, se construirán vigas transversales con dimensiones de 15 x 20 centímetros entre los adoquines y vados a construir estas deberán de ser de concreto simple de 3,500 PSI. El Supervisor indicará el momento de su construcción.

### **6.2.5 Obras de drenaje**

Se construirán Vados de Concreto Simple en los lugares indicados, el concreto para la construcción de estos no tendrán una resistencia menor de 3,500 Psi.

El curado será tres veces diario durante 15 días consecutivos. El tránsito no podrá ser abierto como mínimo 14 días después de concluido el trabajo, por lo cual El CONTRATISTA deberá incluir en sus costos los trabajos de desvío del tráfico vehicular y de su posterior restauración. En el caso de no poder construir este desvío, El CONTRATISTA deberá proponer al Supervisor una alternativa de solución que permita el tráfico sin poner en riesgo la seguridad del Vado, de manera que no sea sometido a cargas antes de su período de endurecimiento.

- Pruebas de compresión al concreto

El Supervisor controlará la calidad del hormigón y El CONTRATISTA deberá pagar por todo el costo de tomar muestras y hacer ensayos. El CONTRATISTA cooperará suministrando el material y la mano de obra para las pruebas y cuando sea necesario proveerá el espacio para fines de almacenamiento. Cualquier

ensayo o prueba que sea necesario llevar a cabo debido a que el hormigón no llena las especificaciones, también deberá ser pagado por El CONTRATISTA.

La Supervisión determinará en el campo el número de muestras para los ensayos de laboratorio (cilindros), del concreto a utilizarse en las diferentes etapas y sub etapas del proyecto y el costo de las mismas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

Cuando la fatiga de ruptura a la compresión de cualquier cilindro sea inferior a la resistencia para la clase de hormigón especificado, el diseño de la mezcla y contenido de agua deberá ajustarse para producir la resistencia especificada para el hormigón que se coloque subsiguientemente. Además, el inspector puede ordenar un período adicional del curado para aquella sección de la estructura donde se ha colocado el hormigón de resistencia dudosa.

La colocación o vertida de todo el hormigón se hará de acuerdo con la norma 318-63 del ACI y en la forma que aquí se modifica. La vertida del hormigón se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala, las que acusen señales de segregación. No se tolerará la colocación de mezclas que acusen un principio de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante el hormigonado. Todo el hormigón se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa.

#### **6.2.6 Señalización vial**

##### **- Señalización Horizontal**

Este trabajo consistirá en la pintura de marcas de tráfico sobre el eje central del adoquinado, de acuerdo a las dimensiones señaladas en los planos. (El color de la pintura a utilizar es amarillo y será una línea continua).

El trabajo comprenderá las rayas, símbolos que se puedan colocar sobre la superficie de rodamiento. La pintura a utilizar será:

Tipo A – Pintura convencional de tráfico con esferas de vidrio de tipo 1.

Metodología de trabajo: Las partículas sueltas, suciedad, alquitrán, grasas y otros materiales deberán ser removidas de la superficie a ser marcada.

#### - Señalización Vertical

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales verticales (rótulos), incluyendo accesorios como poste, marco y tableros todo de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

El tablero será una sólo pieza hecha de aluminio o lamina de acero y tendrá la cara reflectorizada (usar pintura reflectora). Dimensiones 60 x 60 centímetros y flechas de 60 x 25 centímetros. Si se utiliza tablero de aluminio el espesor mínimo será de 2 mm. El poste a utilizar será de 2 x 2 pulgadas. El tablero se fijará al poste por medio de pernos de acero.

### **6.2.7 Limpieza final de la obra**

El Contratista deberá cumplir con todo lo referente a limpieza y acabado final de la obra y su entorno. Las áreas utilizadas como bancos de préstamo, pedreras, plantas trituradoras, etc., deberán quedar libres de todo desperdicio y conformadas de acuerdo al relieve natural del sitio.

Los sitios utilizados como áreas de explotación de yacimientos de materiales deben permanecer reconformados, con taludes suaves que dificulten la erosión, reforestados o al menos en condiciones adecuadas que permitan la regeneración natural.



Los sitios de desvíos, retornos, caminos de acceso y botaderos deben ser reacondicionados y reforestados de acuerdo al entorno natural, salvo en casos donde el propietario del terreno solicite lo contrario. Esto deberá ser avalado por una carta de aceptación firmada por el Contratista, el Ingeniero y el propietario del lugar.

Las áreas de campamento de mantenimiento y estacionamiento de equipo, talleres, etc., deben quedar limpias, libres de cualquier elemento que signifique riesgos de contaminación al medio ambiente. Toda obra ejecutada a lo largo de la vía debe permanecer en condiciones adecuadas tanto de limpieza como de funcionamiento.

Toda obra de drenaje Menor o Mayor, una vez finalizada debe quedar libre de obstáculos que impidan la libre circulación de las aguas, sobre todo en la entrada y salida de tuberías. El Contratista debe cumplir toda obligación referente a condiciones del Proyecto de acuerdo con el Contrato, las Especificaciones Generales de Construcción (NIC-2000), estas Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial y las Guías para los Sistemas de Protección Ambiental en Proyectos Viales emitidas por el MTI.

## **CONCLUSIONES**

Se replanteo la línea central de la carretera y se diseñaron geométricamente ocho curvas horizontales y cinco curvas verticales, la primera y la cuarta curva vertical están en Cresta y la segunda, tercera y quinta están en Columpio. La propuesta de las curvas se hizo de tal forma que a la hora de la ejecución del proyecto se de un buen escurrimiento en la zona.

Del estudio de suelo se concluye que el suelo predominante en el sitio de proyecto es un A-2-4(0) que es una Arena Gravosa con calidad como sub-rasante de excelente a buena, el CBR de campo resulto muy bueno. En el estudio de tránsito se calculó un TPDA de 747 veh/día, cabe destacar que es un TPDA proyectado a través de los factores de ajustes (día-semana-año) resultantes del anuario de aforo vehicular proporcionado por el MTI, de la estación de control más cercana al sitio del proyecto, esta es la estación número 203 en Diriamba-Carazo.

Se obtuvo un diseño de pavimento con un espesor de adoquín de 10 cm, una capa de arena de 5 cm, una base de 20 cm con material proveniente del banco de materiales San Antonio ubicado a 5 Km del proyecto; tomando en cuenta que la arena no aporta soporte estructural en total se obtuvo un espesor de 30 cm, esto se debe a que se descarta el empleo de una sub-base puesto que la sub-rasante del sitio es de muy buena calidad siendo innecesario el empleo de la misma, pero esta condición es favorable puesto que genera una disminución en los gastos de obra.

Para la Hidráulica de drenaje se propone un diseño de cuneta con un tirante hidráulico de 30 cm, asegurando que el agua no se rebalse, con un caite de 40 cm, manteniendo su misma dimensión en todo lo largo de la carretera, cabe destacar que se diseño considerando las condiciones más críticas, es decir el

mayor Caudal obtenido. Con lo que respecta al diseño de Vados se proponen tres, con una dimensión de 0.20 m del tirante hidráulico, un largo de 5.84 m y el ancho de 3 m, el primero ubicado en la estación 0+ 340 , el segundo en la estación 0+ 560 y el tercero en la estación 0+ 920, teniendo en cuenta que se dé un buen drenaje para evacuar de manera eficaz el agua caída sobre la superficie de rodadura y que el descargue sea sobre causes naturales o áreas verdes sin afectar a la población aledaña a la zona; esto se logro con una previa inspección visual en etapa de campo.

Se calcularon los volúmenes de tierra con el programa Autodesk Land Desktop 2009, obteniendo un volumen de 4,971.083 m<sup>3</sup> de corte y 2,726.564 m<sup>3</sup> de relleno, con estos datos se procedió a realizar el movimiento de tierra obteniendo de esta forma las duraciones de las actividades en esta etapa; después se procedió a calcular las duraciones para la carpeta de rodamiento obteniendo en total una duración de 200 días, reflejados en el diagrama de Gantt. También se calcularon las cantidades de materiales que se van a utilizar en este proyecto. Una vez obtenido todos estos resultados se procedió a elaborar el presupuesto de la obra construir que es de **C\$ 7, 926,324.78** de los cuales **C\$ 4, 885,882.87** son para costos directos y **C\$ 1, 368,047.20** son para costos indirectos.

Finalmente se procedió a determinar todos aquellos efectos provocado por la construcción de la obra y se trató de aminorar el impacto provocado por el traslado del material sobrante, el material selecto, la extracción del material en el banco de préstamo y la contaminación del aire por parte de las maquinarias empleada.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para realizar el levantamiento topográfico en proyectos similares, se recomienda identificar la poligonal principal y “amarrar” a esta el resto de los tramos (boca calle), además, se debe utilizar un único punto de inicio para toda la poligonal resultante.
2. Se recomienda a las personas encargadas del diseño estructural e hidráulico, indagarse acerca de los mapas o planos hidráulicos y topográficos actualizados que incluyan el sitio de interés y así precisar los detalles o cualquier punto relevante para el diseño.
3. Utilizar material selecto del banco propuesto: para la base se requiere del material proveniente del banco de materiales San Antonio, ya que este material cumple con las propiedades mecánicas requeridas, está localizado a 5 kilómetros del proyecto.
4. Mantener la línea de la sub-rasante al nivel propuesto para que este tenga un nivel adecuado con respecto a los terrenos adyacente, además así se evitan los cambios en las pendientes los cuales afecta directamente el diseño de drenaje longitudinal (cuneta).
5. Se recomienda llevar un estricto control en la compactación del material selecto que conformará la estructura del pavimento y deberá eliminarse las partículas mayores de una pulgada y así obtener la densidad requerida.
6. Se recomienda colocar las señales de tránsito con el fin eliminar al máximo cualquier riesgo de accidente.

7. En cuanto al drenaje pluvial se recomienda construir vados a lo largo de la carretera que permitan drenar con mayor facilidad la escorrentía producida por las lluvias, previniendo en la medida de lo posible que el agua descargada del vado afecte a la comunidad, así que los vados fueron ubicados en los tramos de carretera donde hubiese áreas verdes.

## **BIBLIOGRAFIA**

- A.A. Lilley y B.J.Walker; adoquines de concreto; editorial limusa S.A. México D.F.; 1989; pág. 33.
- Carvajal,Lizardo; Metodología de la investigación científica: curso general y aplicado 12<sup>0</sup> – ed. Cali FAID, 1998 ;139 pág.
- Folleto de transporte II ; diseño geométrico ,unidad II
- Reyes, Claudia, Zamora, Aldo; folleto de topografía I y topografía II.
- Madrid M., ing. Germán; construcción de pavimentos de adoquines de concreto; instituto colombiano de productores de cemento.
- Marques, Iván, Urrutia Pérez; monografía: adoquinado de calle mebasa-la aguja barrio 26 de febrero ; 2007
- Manual centroamericano; especificaciones de la construcción de carreteras y puentes regionales; NIC 2,000
- Montes de la Oca, Miguel; topografía; alfa omega, cuarta edición; 1996.
- Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales 2004
- Normas de diseño geométrico de carreteras – 2,003 pág. 61
- Ospina. (2,002) Diseño de carreteras.

- Crespo Villalaz; Mecánica de suelos y cimentaciones 6<sup>ta</sup> edición.
- MTI, División General de Planificación (DGP). Nicaragua, octubre (2008). *Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos*.
- Cap. 22 Owning & Operating Costs, Caterpillar Performance Handbook, Edición 31 CATERPILLAR, Oct. 2000, Publication by Caterpillar Inc. Pretoria Illinois, U.S.A.
- Luis BlañónBlazquez; Manual de carreteras 1 y 2.
- MTI. Anuario de aforo de tráfico, 2,009.
- Msc. Ing. Méndez T., Douglas. (2,009). Maestría en vías terrestres.
- Jerónimo Sánchez, Yeris Chávez; Diseño de pavimento de adoquín del tramo: León - acceso planta termoeléctrica (2.5 km) 2011.
- FOLLETO ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE, Programa de estudios ambientales urbanos y territoriales de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Leyes No. 40 y 261 Reformas e incorporaciones a la ley 40 “Ley de municipios”.
- Curso de Legislación Ambiental Programa de estudios ambientales urbanos/territoriales Universidad Nacional de Ingeniería, Prof. MSC Arq. Francisco Mendoza.
- Código del trabajo de la república de Nicaragua.
- Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el diseño, Construcción y Mantenimiento de carreteras. (SIECA)

## **ANEXOS**

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1: Resultados de los estudios planimetricos .....	24
Tabla 1.2: Resultados de los estudios altimetricos .....	26
Tabla 1.3: Factor de corrección para N golpes .....	31
Tabla 1.4: Clasificación de los suelos según IG .....	34
Tabla 1.5: Tipo de ensaye realizado a las muestras .....	35
Tabla 1.6: Relación esfuerzo - penetración .....	37
Tabla 1.7: Clasificación del CBR .....	37
Tabla 1.8: Correlación tabular entre CBR y el DCP .....	41
Tabla 1.9: Bancos de materiales .....	62
Tabla 1.10: CBR de los sondeos realizados .....	62
Tabla 1.11: CBR de diseño .....	64
Tabla 1.12: Coeficiente de escorrentía para los diferentes tipos de cuencas .....	67
Tabla 1.13: Longitud y área de los tramos .....	69
Tabla 1.14: Resultados de los estudios hidrológicos .....	72
Tabla 1.15: Resultado del aforo realizado el lunes 11 de octubre del 2010 .....	82
Tabla 1.16: Resultado del aforo realizado el viernes 22 de octubre del 2010 .....	83
Tabla 1.17: Resultado del aforo realizado el sábado 23 de octubre del 2010 .....	84
Tabla 1.18: Transito promedio diario de vehículos mixtos .....	85
Tabla 1.19: Transito promedio diario .....	86
Tabla 1.20: Proyección del TPD al TPDA .....	88
Tabla 2.1: Valores de f en función de la velocidad de diseño .....	98
Tabla 2.2: Valores de DC con respecto a $\Delta$ .....	99
Tabla 2.3: Longitud de la cuerda con respecto al grado de curvatura .....	101
Tabla 2.4: Peraltes máx. de acuerdo al tipo de área .....	106
Tabla 2.5: Relación entre pendiente máx. y velocidad de diseño .....	113
Tabla 2.6: Valores de K para el calculo de L .....	116
Tabla 2.7: Desarrollo del peralte en curva horizontal 1 .....	123
Tabla 2.8: Ecuaciones para el desarrollo del peralte y sobreancho .....	123
Tabla 2.9: Resultados de la curva horizontal 1 .....	124
Tabla 2.10: Resultados del replanteo de la curva horizontal 1 .....	125
Tabla 2.11: Desarrollo del peralte en curva horizontal 2 .....	129



Tabla 2.12: Resultados de la curva horizontal 2 .....	130
Tabla 2.13: Resultados del replanteo de la curva horizontal 2 .....	131
Tabla 2.14: Resultados de la curva horizontal 3 .....	132
Tabla 2.15: Resultados del replanteo de la curva horizontal 3 .....	133
Tabla 2.16: Resultados de la curva horizontal 4 .....	134
Tabla 2.17: Resultados del replanteo de la curva horizontal 4 .....	135
Tabla 2.18: Resultados de la curva horizontal 5 .....	136
Tabla 2.19: Resultados del replanteo de la curva horizontal 5 .....	137
Tabla 2.20: Resultados de la curva horizontal 6 .....	138
Tabla 2.21: Resultados del replanteo de la curva horizontal 6 .....	139
Tabla 2.22: Resultados de la curva horizontal 7 .....	140
Tabla 2.23: Resultados del replanteo de la curva horizontal 7 .....	141
Tabla 2.24: Resultados de la curva horizontal 8 .....	142
Tabla 2.25: Resultados del replanteo de la curva horizontal 8 .....	143
Tabla 2.26: Punto mas alto y mas bajo de la CV 1 .....	147
Tabla 2.27: Resultados de la CV 1 .....	147
Tabla 2.28: Punto mas alto y mas bajo de la CV 4 .....	151
Tabla 2.29: Resultados de la CV 4 .....	151
Tabla 2.30: Punto mas alto y mas bajo de la CV 2 .....	152
Tabla 2.31: Resultados de la CV 2 .....	152
Tabla 2.32: Punto mas alto y mas bajo de la CV 3 .....	153
Tabla 2.33: Resultados de la CV 3 .....	153
Tabla 2.34: Punto mas alto y mas bajo de la CV 5 .....	154
Tabla 2.35: Resultados de la CV 5 .....	154
Tabla 2.36: CBR de diseño .....	159
Tabla 2.37: Valores de IS según IG .....	160
Tabla 2.38: Coeficiente de rugosidad .....	166
Tabla 2.39: Comparación del caudal de diseño y caudal drenado.....	169
Tabla 2.40: Resumen de los resultados para vados. ....	170
Tabla 3.1: Resumen de las duraciones realizadas por la maquinaria .....	186
Tabla 4.1: Resumen de la cantidad de materiales .....	197
Tabla 4.2: Duración de las act realizadas por los obreros .....	201
Tabla 4.3: Duraciones de las act realizadas por la maquinaria .....	202
Tabla 4.4: Resumen de los costos por etapa .....	244
Tabla 5.1: Análisis de la calidad ambiental .....	250
Tabla 5.2: Impactos ambientales negativos para el proyecto .....	252
Tabla 5.3: Medidas de mitigación contra el impacto ambiental negativo .....	255
Tabla A -1: Radios mínimos y grados máx. De curvas horizontales para distintas velocidades de diseño ....	289

Tabla A.-2: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes nat .....	289
Tabla A.-3: Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de curvas circulares .....	289
Tabla A.-4: Distancia de visibilidad de parada. ....	290
Tabla A.-5: Inclinationes típicas para materiales Utilizados en rellenos.. ....	290
Tabla A.-6: Humedad óptima de algunos tipos de suelos. ....	290
Tabla A.-7 Clasificación de suelos HighwayResearchBoar (HRB) .....	291
Tabla A.-8 Valores típicos de consistencia del suelo. ....	291
Tabla A.-9 Porcentaje de incremento de los espesores según lluvia.. ....	291
Tabla A.-10 Diseño de esp. de pav flexible para carga máx por rueda de 5 ton.. ....	292
Tabla A.-11 Factores de ajuste por distribución direccional del Tránsito .. ....	292
Tabla A.-12 Tipología y Descripción Vehicular.....	293
Tabla A.-13 Factores de ajuste, Estación Sumaria 203 (El Crucero – Cuatro Esquinas).....	294
Tabla A.-13-1 TPDA, Estación Sumaria 203 (el crucero- Cuatro Esquinas).....	295
Tabla A.-14 Coeficiente de escorrentía según el Tipo de superficie.....	296
Tabla A.-15 Valores del coeficiente de Manning.....	296
Tabla A.-16 Comparaciones entre desv. Máx y el valor critico de (kv).....	297
Tabla A.-17 Parámetros de ajuste.....	297
Tabla A.-18 Intensidades en (mm/h) obtenidas del ajuste Est: Masatepe.....	298
Tabla A.-19 Porcentajes de desp de algunos mat de construcción.....	299
Tabla A.-20Proporciones para CONCRETO.....	299
Tabla A.-21 Proporciones para MORTERO.....	299
Tabla A.-22 Producción teórica de tractores D7R.....	327
Tabla A.-23 Producción teórica excavadoras de cadena.....	330
Tabla A.-24 Producción de Compactadoras vibratorias.....	330

## I. TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA.

**Tabla A- 1:** Radios mínimos y grados máx. De curvas horizontales para distintas velocidades de diseño

Factor de diseño(Km/h)	Factor de fricción máxima	Peralte máx. 8%			Peralte máx. 10%		
		Radio(m)		Grado de curva.	Radio(m)		Grado de curva.
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38°12'	26.2	25	45°50'
40	0.17	50.4	50	22°55'	46.7	45	25°28'
50	0.16	82.0	80	14°19'	75.7	75	15°17'
60	0.15	123.2	120	9°33'	113.4	115	9°58'
70	0.14	175.4	175	6°33'	160.8	160	7°10'
80	0.14	229.1	230	4°59'	210.0	210	5°27'
90	0.13	303.7	305	3°46'	277.3	275	4°10'
100	0.12	393.7	395	2°54'	357.9	360	3°11'
110	0.11	501.5	500	2°17'	453.7	455	2°31'
120	0.09	667.0	665	1°43'	596.8	595	1°56'

**Fuente:** APolicy on geometric Desing of Highways and Streets 1994, P. 156

**Tabla A- 2:** Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales

Tipo de terreno	Pendientes (%)
Llano o plano	$p \leq 5$
Ondulado	$5 > p \leq 15$
Montañoso	$15 > p \geq 30$

**Fuente:** Normas Centroamericanas, en sección 4-63 (SIECA 2004)

**Tabla A- 3:** Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de Curvas circulares.

Grado de curvatura	0° – 6°	6° - 15°	15° - 32°
Longitud de cuerda	20m	10m	5m

**Fuente:** Manual de topografía – Curvas circulares 2008 (UNI)

**Tabla A- 4:** Distancia de visibilidad de parada.

Vel de proyecto KPH	Vel de marcha KPH	Reacción.		Coef. de Fricción Longitudinal* f <sub>l</sub> .	Dist.de Frenado (m)	Distancia de visibilidad (m)	
		t (seg)	d (m)			Calculado	Red.
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	25
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	90
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.88	0.295	112.95	176.83	175

Fuente: Normas Centroamericanas, en sección 4-28 (SIECA 2004)

**Tabla A- 5:** Inclinationes típicas para materiales Utilizados en rellenos.

ALTURA DEL RELLENO	INCLINACIÓN DEL TALUD: DIST HORIZONTAL x DIST. VERTICAL
Hasta 1.20m	4x1
Hasta 2.00 m	3x1
Hasta 4.00 m	2x1
Más de 4.00 m	1.50x1

Fuente: Mecánica de suelo y cimentaciones, T. William Lambe, 1991.

**Tabla A- 6:** Humedad óptima de alguno tipos de suelos.

Suelo	Humedad Óptima (%)
Arcilla pesada	17.5
Arcilla Limosa	15
Arcilla arenosa	13
Arena	10
Mezcla de grava, arena Y arcilla	7

Fuente: Mecánica de suelo y cimentaciones, T. William Lambe, 1991.

**Tabla A- 7:** Clasificación de suelos Highway Research Boar (HRB)

DIVISION GENERAL				Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)					Materiales Limo – arcillosos (mas del 35% pasa por el tamiz #200)				
GRUPO		A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANALISIS GRANULOMETRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≤ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA ( de la fracción del suelo que pasa por el tamiz #40)													
Limite liquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 Ip<L-30	> 41 Ip>L-30	
Índice de plasticidad		≤ 6		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
Índice de grupo		0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGIA		Fragmentos de piedra, grava y arena	Arena fina	Gravas y arenas Limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD		EXELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos (2008). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6ta.ed).

**Tabla A- 8:** Valores típicos de consistencia del suelo.

PARAMETRO		TIPO DE SUELO		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Limite liquido	15 – 20	30 – 40	40 – 150
LP	Limite plástico	15 – 20	20 – 25	25 – 50
LR	Limite de retracción	12 – 18	14 – 25	8 – 35
IP	Índice de plasticidad	0 – 3	10 – 15	10 – 100

Fuente: Manual de carreteras 2 (Luis Blañón Bazquez)

**Tabla A-9:** Porcentaje de incremento de los espesores según lluvia.

Intensidad media Anual de lluvia	Incremento
Paca lluvia 800	0
Lluviosa 800 a 1500	10
Muy lluviosa más de 1500	20

Fuente: MTI,(2008).*Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos.*

**Tabla A-10:** Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima por rueda de 5 toneladas. Espesores en centímetros.

Índice de soporte	Tránsito liviano			Tránsito medio			Tránsito pesado		
	9000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx.			11,000 lb/rueda, menos de 750 veh com. por día, 20% con carga máx.			14,000 lb/rueda, mas de 750 veh com. por día.		
IS	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2	61	67	73	68	75	82	76	84	91
3	50	55	60	55	61	66	60	66	71
4	43	47	52	47	52	57	51	56	61
5	38	42	46	42	46	50	46	51	55
6	35	39	42	38	42	46	41	45	49
7	32	35	38	35	39	42	38	42	46
8	30	33	36	32	35	38	35	39	42
9	28	31	24	30	33	36	32	35	38
10	26	29	31	28	31	34	30	33	36
11	25	28	30	27	30	33	29	32	35
12	24	26	39	26	29	31	28	31	34
13	29	25	28	25	28	30	27	30	33
14	22	24	26	24	27	29	26	29	31
15	21	23	25	23	25	28	25	28	30
16	20	22	24	22	24	27	24	26	29
17	19	21	23	21	23	25	23	25	28
18	18	20	22	20	22	24	22	24	26
19	18	20	22	19	21	23	21	23	25
20	17	19	21	18	20	22	20	22	24

**Fuente:** MTI. (2008). *Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos*.

**Tabla A- 11:** Factores de ajuste por distribución direccional del Tránsito en carreteras de dos carriles

Separación direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

**Fuente:** Normas Centroamericanas, en sección 2-19 (SIECA 2004)

**Tabla A- 12: Tipología y Descripción Vehicular**

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motorizadoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: MTI. (2009). Anuario de aforos de tráfico.

**Tabla A- 13:** Factores de ajuste.  
Estación Sumaria 203(El Crucero – cuatro esquinas)

Camino:	NIC-2	Estación:	203	Tramo:	Cuatro Esquinas - Diriamba			Periodo	L	Días:	3	Horas:	12	Mes/Año	Julio	2009	Km:	36.500																	
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehiculos de Carga						Equipo Pesado				Total																	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros																		
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t	5+ t		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.																					
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21																		
TP(D)	327	805	381	781	392	52	152	189	187	23		185			0		9	3484																	
Factor Dia	1.34	1.37	1.33	1.31	1.24	1.28	1.17	1.24	1.26	1.26	1.37	1.44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.18																		
Factor Semana	0.98	1.02	1.02	0.98	1.03	0.93	1.08	0.89	0.86	0.82	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92																		
Fac. Temporada	1.11	1.06	1.09	1.03	1.01	1.29	0.92	1.02	1.06	1.15	0.52	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96																		
TPD Invierno	476	1190	563	1035	503	79	176	213	215	28		266			0		9	4754																	
% TPDA	10.02	25.03	11.85	21.77	10.57	1.67	3.70	4.48	4.53	0.59		5.59			0.01		0.19	100.00																	
% Vehiculos Livianos							80.91%										% Vehiculos Pesados							18.90%										0.19%	100.00%

Fuente: MTI. (2009). *Anuario de aforos de tráfico.*



**Tabla A-13-1:** TPDA, Estación Sumaria 203(El Crucero – Cuatro Esquinas).

**LISTADO DE ESTACIONES DE "CONTROL Y SUMARIAS" DE LA ESTACIÓN PERMANENTE 200**

NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA 2000	TPDA 2001	TPDA 2002	TPDA 2003	TPDA 2004	TPDA 2005	TPDA 2006	TPDA 2007	TPDA 2008	TPDA 2009
NIC-2	201	C	7.8	Semáforo 7 Sur - Emp. Nejapa	20,421	21,498	23,400		24,855		40,841			
NIC-2B	215	C	10.0	Hotel Nejapa - Km. 10 1/2 Carretera Sur ( Ida )		6,982			8,502		8,739	9,889		8640
NIC-2	214	C	9.5	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Emp. Nejapa ( Regreso )		8,537			9,808		10,448			9305
NIC-2	209	C	12.0	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Entrada al INCAE	14573	14,573			14,692		14,060			13497
NIC-2	200	P	20.0	Entrada al Incae - El Crucero	4681	4,644	5,084	5,375	5,523	5,768	5,912	6,041	5849	6379
NIC-2	202	C	27.0	El Crucero - Cuatro Esquinas		3,794			3,592		5,051			4644
NIC-2	203	C	38.0	Cuatro Esquinas - Diriamba		3,862			4,338		5,085			4754
NIC-2	204	C	42.9	Diriamba - Jinotepe		7,746			7,906		8,206			8192
NIC-2	205	C	54.8	Jinotepe - Nandaime		1,518			2196		4468			
NIC-8	801	C	41.5	Emp. Las Conchitas - El Salto		945		843		1114			904	
NIC-8	802	C	45.5	El Salto - San Rafael del Sur		1,265		1154		1836			2013	
NIC-8	803	C	49.0	San Rafael del Sur - Inter Nic-10		875				1222	968		1490	
NIC-8	804	C	56.0	Inter Nic-10 - Emp. Masachapa		893				1128	1117		1552	
NIC-8	805	C	58.90	Emp. Masachapa - Pochomil		611				798	880		1097	
NIC-18A	1802	C	46.0	San Marcos - Masatepe			3602		3608				4555	4887
NIC-18A	1803	C	39.0	Las Esquinas - San Marcos			2302		2308			2168	2477	2295
NIC-18A	1804	C	54.5	Masatepe - Catarina			4239		4465			4087	4147	6556
NIC-18B	1805	C	54.7	Diriamba - Emp. La Boquilla - Casares		361			1188		1297			748
NIC-20B	2001	C	41.2	San Marcos - Jinotepe			4023		4129	4370	3844		4563	
NIC-20C	218	C	53.0	Emp. Santa Teresa - Santa Teresa		1,628			1908		1958		2300	
NIC-20C	216	C	62.0	Santa Teresa - La Conquista		239			403				479	
NIC-34	3405	S	53.0	San Cayetano - Gutiérrez Norte - Emp. Los Larios	77	64		60			84			97
NIC-34	3406	C	61.0	Emp. Los Larios - Barrio El 45 (Inter Nic-8)	206			410			692			920
NIC-34	3403	C	64.0	Barrio El 45 (Inter Nic-8) - San Pablo	440			1037			1215			1325
NIC-34	3402	S	70.0	San Pablo - Emp. Los Baltodanos				391			499			193
NIC-34	3401	S	76.0	Emp. Los Baltodanos - La Trinidad				54			83			104
NN-168	413	C	25.0	El Crucero - Las Nubes						404			758	
NN-168	410	S	29.0	Las Nubes - San Antonio Sur	88		370			607				232
NN-169	219	S	21.3	Santa Ana - El Boquete		61				105			149	
NN-193	2006	S	48.0	Jinotepe - Bo. Román Esteban		96			274			235		
NN-193	2007	S	53.0	Bo. Román Esteban - El Bosque									125	

Fuente: MTI. (2009). *Anuario de aforos de tráfico.*

**Tabla A-14:** Coeficiente de escorrentía según el Tipo de superficie.

Área	C
Pavimentos asfáltico	0.8 – 0.95
Pavimentos de hormigón	0.7 – 0.9
Pavimentos de piedra o ladrillo	0.35 – 0.7
Suelos impermeables con pendientes de 1 – 2%	0.4 – 0.65
Suelos ligeramente impermeables	0.1 – 0.3
Suelos moderadamente permeables	0.05 – 0.2
Terrenos agrícolas ondulados	0.33
Zonas planas no afectadas por inundaciones	0.2
Suelos arenosos, planos	0.05 – 0.1
Suelos arcilloso plano	0.13 – 0.17
Suelos arenoso inclinado	0.15 - 0.2
Suelos arcilloso inclinado	0.25 – 0.35

**Fuente:** Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales 2004

**Tabla A-15:** Valores del coeficiente de Manning.

Naturaleza de la superficie	$\eta$	
	Mín.	Máx.
Superficie de cemento limpio	0.01	0.013
Tubería de madera.	0.01	0.013
Tubería de alcantarillado	0.01	0.017
Canales de metal liso	0.011	0.015
Concreto precolado	0.011	0.013
Superficie con mortero – cemento	0.011	0.015
Drenaje de barro común	0.011	0.017
Concreto monolítico	0.012	0.016
Ladrillo con mortero cemento	0.012	0.017
Hierro forjado	0.013	0.017
Acero remachado	0.017	0.020
Canales y surcos, tierra lisa	0.017	0.025
Canales de metal corrugado	0.022	0.03
Canales excavado en tierra, lisos	0.025	0.033
Canales cortados en roca, lisos	0.025	0.035
Canales lechos rugosos y hiervas a los lados	0.025	0.04
Canales cortados en rocas, irregulares	0.035	0.045
Corrientes naturales muy lisas	0.025	0.033
Corrientes naturales muy rugosas	0.045	0.06
Corrientes naturales muy enyerbadas.	0.075	0.15

**Fuente:** El drenaje en carreteras”, FUENTES JUSTO FÉLIX, San salvador, El Salvador, 1966. 79p

**Tabla A-16:** Comparaciones entre desv. Máxima y el valor critico de kolgomorov (kv)

COMPARACIONES ENTRE DESV. MAXIMA Y EL VALOR CRITICO DE KOLGOMOROV(KV) PARA EL AJUSTE ANALITICO A LA DISTRIBUCION DE GUMBELL TIPO I							
DURACION MINUTOS	DESV. MAXIMA DM	KV	OBSV.				
5	0.161	0.254	SAJ				
10	0.140	0.254	SAJ				
15	0.108	0.254	SAJ				
30	0.118	0.254	SAJ				
60	0.093	0.254	SAJ				
120	0.105	0.254	SAJ				
360	0.087	0.254	SAJ				
<p>*Se acepta el ajuste (saj), si <math>dm &lt; kv</math>, con un nivel de significación de 0.05</p> <p>*No se acepta el ajuste (saj), si <math>dm &gt; kv</math></p> <p>Intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno Y obtenidas a través del ajuste analítico</p>							
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	115.2	95.2	78.6	58.7	37.3	22.8	7.3
2 años	126.9	102.9	86.4	64.3	43.2	26.2	9.5
5 años	155.8	121.9	105.7	77.9	57.7	34.6	14.9
10 años	174.9	134.5	118.5	86.9	67.2	40.2	18.6
15 años	185.7	141.6	125.7	92.0	72.7	43.3	20.6
25 años	199.1	150.4	134.7	98.3	79.4	47.2	23.1
50 años	217.1	162.2	146.6	106.7	88.3	52.4	26.5
100años	234.9	173.9	158.5	115.1	97.2	57.6	29.9

Fuente: Estación Masatepe

**Tabla A-17:** Parámetros de ajuste

ESTACION: MASATEPE 470 msnm  
PARAMETROS DE AJUSTE  $I = A/(t+d)^b$ , t(min)

T: Años	r	A	d	b
1.5	-0.9972	1762.661	14.0	0.899
2	-0.9989	2326.766	19.0	0.914
5	-0.9983	1876.080	18.0	0.812
10	-0.9975	1592.108	16.0	0.751
15	-0.9969	1580.382	16.0	0.734
25	-0.9962	1482.746	15.0	0.705
50	-0.9951	1405.704	14.0	0.675
100	-0.9940	1426.937	14.0	0.658

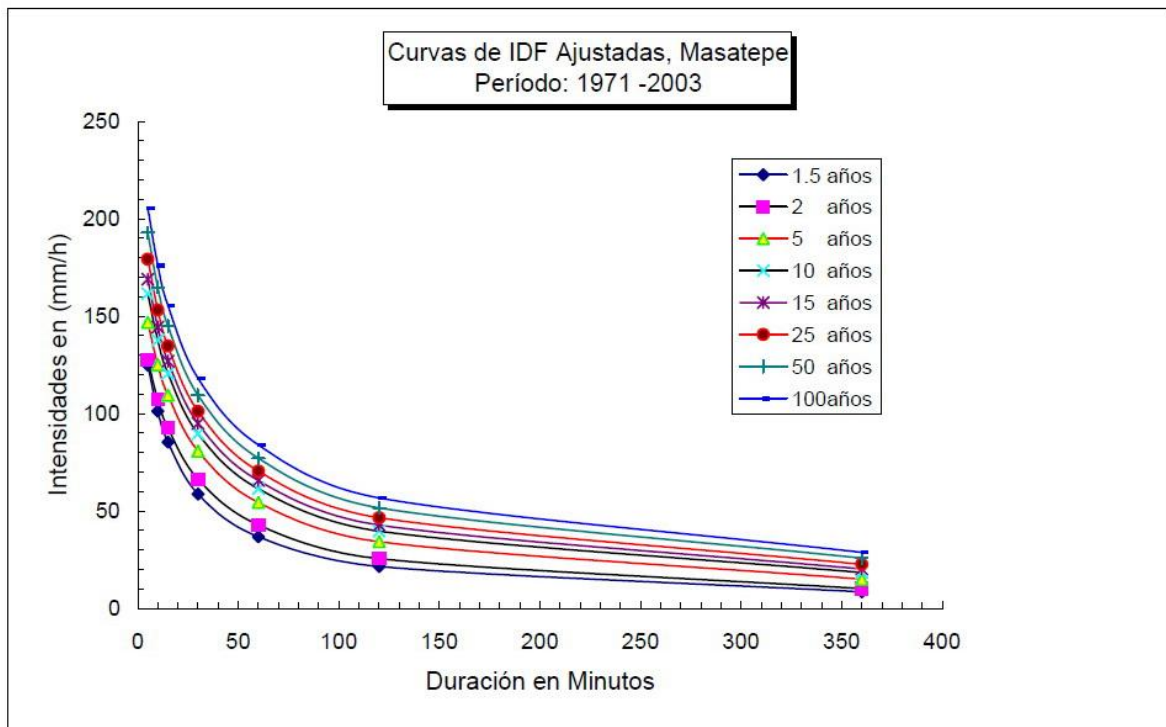
Fuente: Estación Masatepe

**Tabla A-18:** Intensidades en (mm/h) obtenidas del ajuste Estación: Masatepe

	Tiempo en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	111.2	95.0	82.8	59.5	37.6	21.3	7.5
2 años	125.2	104.8	90.3	64.4	41.5	24.7	9.9
5 años	150.2	126.2	109.6	79.9	53.7	34.0	15.4
10 años	166.6	140.5	122.4	90.3	61.8	40.1	19.0
15 años	179.4	149.2	129.1	94.8	65.4	43.2	21.3
25 años	192.1	159.4	137.9	101.6	70.7	47.3	24.0
50 años	207.2	172.7	150.0	111.4	78.2	52.9	27.3
100años	220.5	185.7	162.4	121.9	86.2	58.6	30.4

Fuente: Estación Masatepe

**Grafico A – 1:** Curvas IDF Estación Masatepe



Fuente: Estación Masatepe

**Tabla A-19:** Porcentajes de desperdicio de algunos materiales de construcción.

Descripción	%	Descripción	%
Agua	30	Adoquines	5
Arena	30	Alambre de amarre	10
Cemento	5	Azulejos	5
Concreto para columnas y muros	4	Bloques	7
Concreto para fundaciones	5	Cerámica	5
Concreto para losas	3	Clavos	30
Concreto para vigas intermedias	5	Formaletas	20
Estribos	2	Gypsum	5
Grava	15	Ladrillo cuarterón	10
Lechada cemento blanco	15	Láminas de zinc	2
Mortero para acabados	7	Piedra cantera	7
Mortero para juntas	30	Plycem	10
Mortero para pisos	10	Varillas corrugadas	3

**Fuente:** Manual de Presupuesto de Obras Municipales (INIFOM)

**Tabla A- 20:** Proporciones para CONCRETO.

Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup> .			F'c a los 28 días (KG/cm <sup>2</sup> )
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	Grava (M <sup>3</sup> )	
1:1.5:1.5	12.5	0.527	0.527	288
1:1.5:2	11.3	0.475	0.634	270
1:1.5:2.5	10.2	0.430	0.716	245
1:1.5:3	9.4	0.396	0.792	230
1:2:2	9.8	0.552	0.552	205
1:2:3	9	0.555	0.840	185
1:2:4	7.4	0.413	0.827	147



**Fuente:** Manual de Presupuesto de Obras Municipales (INIFOM)

**Tabla A- 21:** Proporciones para MORTERO

Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup>		F'c a los 28 días (KG/cm <sup>2</sup> )
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	
1:3	8	0.82	250
1:4	8.5	1.16	220
1:5	7.13	1.20	180
1:6	6.14	1.20	140
1:7	5.33	1.25	120
1:8	4.75	1.25	90

**Fuente:** Manual de Presupuesto de Obras Municipales (INIFOM)

## II. ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO.

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b>  <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b>  <b>CIGEO / UNAN</b>  <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> </div> 	
<b>PROYECTO:</b> Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA	
<b>SONDEO:</b> Punto 1	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Material extraído de 0.0m - 0,15m	
<b>FECHA:</b> _____	
<b>MUESTRA:</b> _____	
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> 3488.50	
<b>Peso después de lavado (gr):</b> -	
<b>Método de ensayo:</b> Tamizado	

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	151.80	4	4	96
3/8"	125.10	4	8	92
Nº4	536.50	15	23	77
Nº 10	800.90	23	46	54
Nº 20	667.60	19	65	35
Nº 40	475.10	14	79	21
Nº 60	236.50	7	86	14
Nº 100	187.70	5	91	9
Nº 140	110.80	3	94	6
Nº 200	72.20	2	96	4
Plato	124.30	4	100	
<b>Suma</b>	<b>3488.50</b>	<b>100</b>		

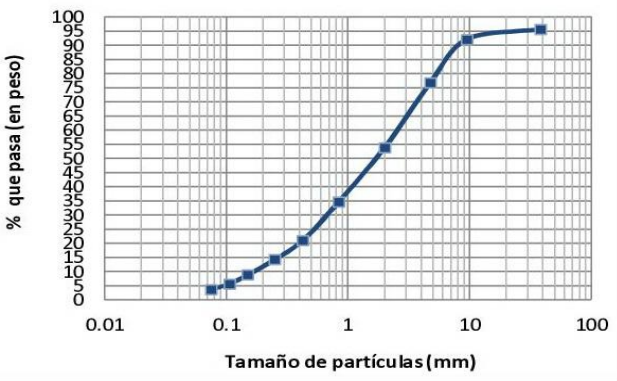
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



Tamaño de partículas (mm)

**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** \_\_\_\_\_



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
23	23	56	17	4

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.15m - 0.60m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>2168.60</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	40.50	2	2	98
3/8"	28.60	1	3	97
Nº4	231.70	11	14	86
Nº 10	563.40	26	40	60
Nº 20	545.20	25	65	35
Nº 40	385.30	18	83	17
Nº 60	166.60	8	90	10
Nº 100	91.90	4	95	5
Nº 140	41.00	2	97	3
Nº 200	27.20	1	98	2
Plato	47.20	2	100	
<b>Suma</b>	2168.60	100		

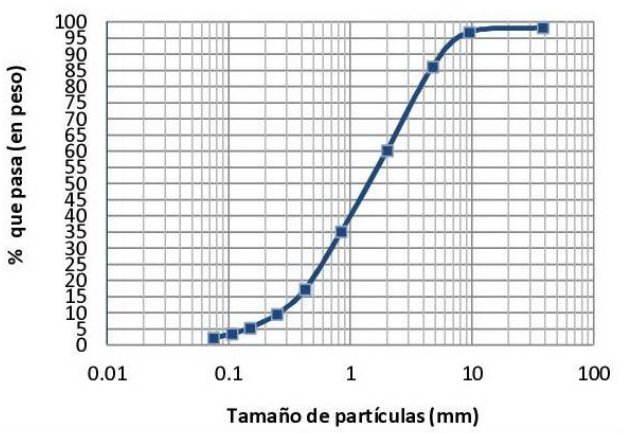
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** \_\_\_\_\_

**Índice de Grupo:** 0



  

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
14	26	69	15	2

OBSERVACIONES	



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.60m - 0.92m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1621.90</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	34.10	2	2	98
3/8"	27.90	2	4	96
Nº4	217.60	13	17	83
Nº 10	469.60	29	46	54
Nº 20	384.10	24	70	30
Nº 40	209.90	13	83	17
Nº 60	90.70	6	88	12
Nº 100	61.30	4	92	8
Nº 140	33.20	2	94	6
Nº 200	25.00	2	96	4
Plato	68.50	4	100	
<b>Suma</b>	1621.90	100		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	1a		
Número de golpes	26		
Factor de corrección	1.0048		
Tara (gr)	11.20		
Tara+Mat Hum (gr)	32.05		
Tara+Mat Seco (gr)	25.55		
Humedad (%)	45.34		

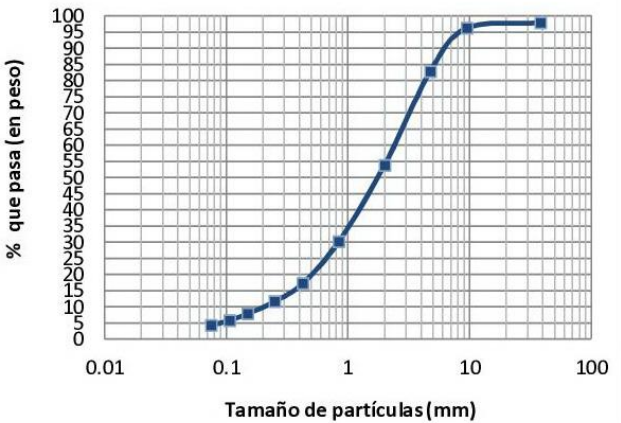
LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	2a		
Tara (gr)	11.12		
Tara+Mat Hum (gr)	23.52		
Tara+Mat Seco (gr)	20.38		
Humedad (%)	33.90		

RESULTADOS			
<b>Clasificación AASTHO:</b>	<u>A - 2 - 7(0)</u>		
<b>Límite Líquido:</b>	<u>45.56</u>		
<b>Límite Plástico:</b>	<u>33.90</u>		
<b>Índice de Plasticidad:</b>	<u>11.66</u>		
<b>Índice de Grupo:</b>	<u>0</u>		

**Curva Granulométrica**





ARENA				
	G	M	F	
<b>GRAVA</b>				
17	29	66	13	4

OBSERVACIONES				



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.92m - 1,25m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>2499.30</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	45.60	2	2	98
3/8"	37.90	2	3	97
Nº4	303.30	12	15	85
Nº 10	662.20	26	42	58
Nº 20	628.50	25	67	33
Nº 40	397.50	16	83	17
Nº 60	185.90	7	90	10
Nº 100	106.10	4	95	5
Nº 140	42.00	2	96	4
Nº 200	27.00	1	97	3
Plato	63.30	3	100	
<b>Suma</b>	<b>2499.30</b>	<b>100</b>		

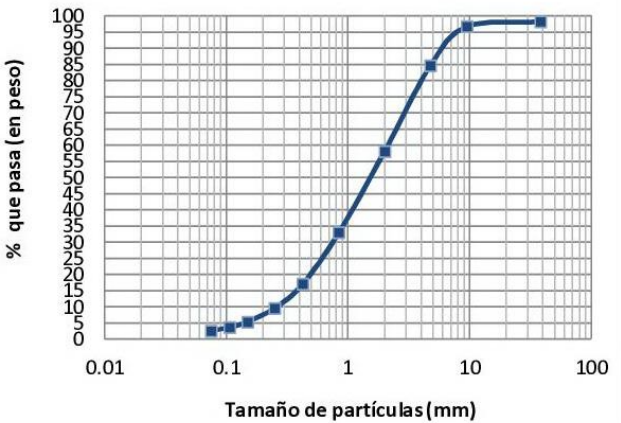
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	3a		
Número de golpes	28		
Factor de corrección	1.0138		
Tara (gr)	11.26		
Tara+Mat Hum (gr)	34.03		
Tara+Mat Seco (gr)	27.02		
Humedad (%)	44.50		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	4a		
Tara (gr)	11.04		
Tara+Mat Hum (gr)	20.01		
Tara+Mat Seco (gr)	17.54		
Humedad (%)	38.08		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 5 (0)

**Límite Líquido:** 45.11

**Límite Plástico:** 38.08

**Índice de Plasticidad:** 7.04



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
15	26	68	14	3

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Exelencia Academica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.25m - 1.35m</u>		
<b>FECHA:</b> _____		
<b>MUESTRA:</b> _____		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>788.10</u>		<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	2.30	0	0	100
3/8"	12.10	2	2	98
Nº4	79.10	10	12	88
Nº 10	119.00	15	27	73
Nº 20	210.00	27	54	46
Nº 40	154.00	20	73	27
Nº 60	77.80	10	83	17
Nº 100	48.50	6	89	11
Nº 140	23.50	3	92	8
Nº 200	15.70	2	94	6
Plato	46.10	6	100	
<b>Suma</b>	<b>788.10</b>	<b>100</b>		

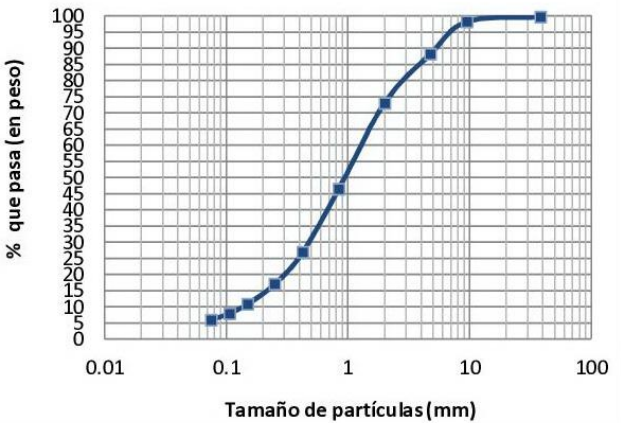
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	5a		
Número de golpes	26		
Factor de corrección	1.0048		
Tara (gr)	11.35		
Tara+Mat Hum (gr)	34.13		
Tara+Mat Seco (gr)	28.09		
Humedad (%)	36.07		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	6a		
Tara (gr)	11.23		
Tara+Mat Hum (gr)	24.05		
Tara+Mat Seco (gr)	20.78		
Humedad (%)	34.31		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 4 (0)

**Límite Líquido:** 36.24

**Límite Plástico:** 34.31

**Índice de Plasticidad:** 1.93



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
12	15	61	21	6

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.35m - 1.40m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>420.50</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	0.00	0	0	100
3/8"	2.10	0	0	100
Nº4	25.10	6	6	94
Nº 10	94.80	23	29	71
Nº 20	103.70	25	54	46
Nº 40	88.80	21	75	25
Nº 60	46.10	11	86	14
Nº 100	22.10	5	91	9
Nº 140	10.00	2	93	7
Nº 200	6.80	2	95	5
Plato	21.00	5	100	
<b>Suma</b>	<b>420.50</b>	<b>100</b>		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	7a		
Número de golpes	29		
Factor de corrección	1.0182		
Tara (gr)	11.20		
Tara+Mat Hum (gr)	35.04		
Tara+Mat Seco (gr)	29.27		
Humedad (%)	31.95		

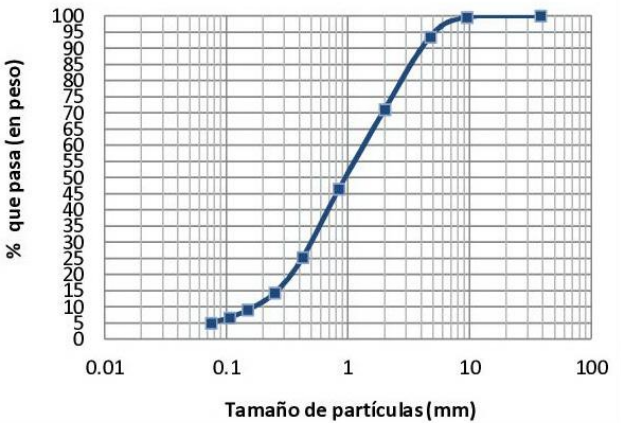
LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	8a		
Tara (gr)	11.19		
Tara+Mat Hum (gr)	25.48		
Tara+Mat Seco (gr)	22.26		
Humedad (%)	29.08		

RESULTADOS	
Clasificación AASTHO:	A - 2 - 4 (0)
Límite Líquido:	32.53
Límite Plástico:	29.08
Índice de Plasticidad:	3.45
Índice de Grupo:	0



**Curva Granulométrica**



ARENA				89	
GRAVA	G	M	F		FINOS
6	23	68	20		5

OBSERVACIONES					

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 1</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.40m - 1.56m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>500.50</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	0.00	0	0	100
3/8"	0.70	0	0	100
Nº4	7.50	1	2	98
Nº 10	35.80	7	9	91
Nº 20	79.30	16	25	75
Nº 40	104.80	21	46	54
Nº 60	76.90	15	61	39
Nº 100	57.30	11	72	28
Nº 140	32.50	6	79	21
Nº 200	23.60	5	84	16
Plato	82.10	16	100	
Suma	500.50	100		

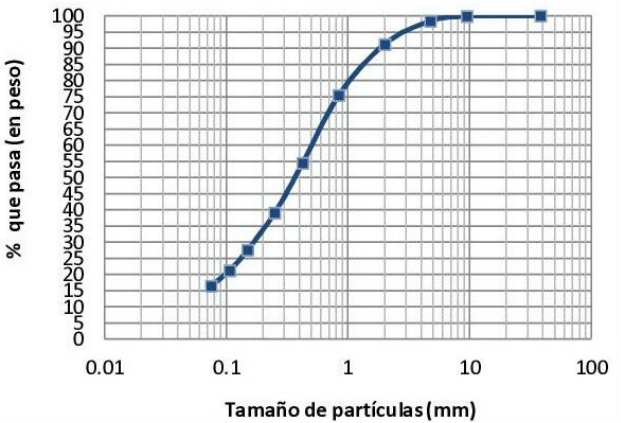
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	9a		
Número de golpes	29		
Factor de corrección	1.0182		
Tara (gr)	11.12		
Tara+Mat Hum (gr)	35.95		
Tara+Mat Seco (gr)	28.78		
Humedad (%)	40.59		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	10a		
Tara (gr)	11.23		
Tara+Mat Hum (gr)	18.39		
Tara+Mat Seco (gr)	16.55		
Humedad (%)	34.51		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 5 (0)

**Límite Líquido:** 41.33

**Límite Plástico:** 34.51

**Índice de Plasticidad:** 6.82

**Índice de Grupo:** 0



  

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
2	7	44	38	16

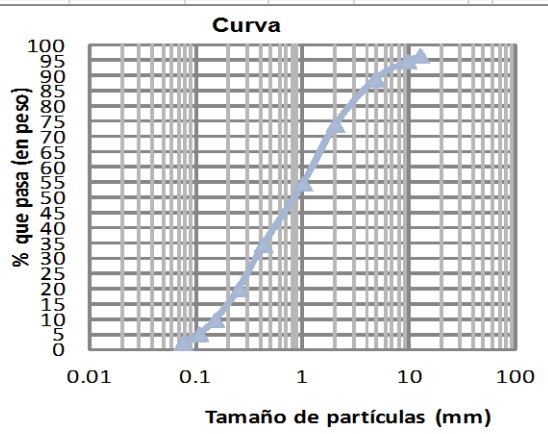
  

OBSERVACIONES	





 <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
<b>PROYECTO:</b> ADOQUINADO IDEA DIRIA		<b>FECHA:</b> 28/08/2010	
<b>SONDEO:</b> PUNTO 2		<b>MUESTRA:</b> M8	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Muestra de material extraído 0.30 mtrs de profundidad		<b>Método de ensayo:</b> tamizado	
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> 816.90			
<b>Peso después de lavado (gr):</b> -			

GRANULOMETRÍA ASTM D 422					LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318		
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP	ID		11a
					Número de golpes		21
					humedad corregida(%)		27.31
1/2"	26.10	3	3	97	Tara (gr)		11.15
3/8"	14.80	2	5	95	Tara+Mat Hum (gr)		30.186
Nº4	47.50	6	11	89	Tara+Mat Seco (gr)		26.03
Nº 10	122.60	15	26	74	Humedad (%)		27.90
Nº 20	158.40	19	45	55			
Nº 40	164.40	20	65	35	LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318		
Nº 60	118.80	15	80	20	ID		12a
Nº 100	83.90	10	90	10	Tara (gr)		11.2
Nº 140	37.90	5	95	5	Tara+Mat Hum (gr)		27.14
Nº 200	23.40	3	98	2	Tara+Mat Seco (gr)		23.89
Plato	19.10	2	100		Humedad (%)		25.65
Suma	816.90	100			RESULTADOS		



<b>Clasificación AASTHO:</b>	A-2-4
<b>Límite Líquido:</b>	27.31
<b>Límite Plástico:</b>	25.65
<b>Índice de Plasticidad:</b>	2
<b>Índice de Grupo:</b>	0
<b>D10:</b>	
<b>D30:</b>	
<b>D60:</b>	
<b>Cc:</b>	
<b>Cu:</b>	

OBSERVACIONES				
arenas, gravas con finos de limo de baja platiidad;				
calidad como subrasanteexcelente a buena				

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 2</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.30m - 1.00m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>2094.90</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	52.80	3	3	97
3/8"	94.70	5	7	93
Nº4	380.80	18	25	75
Nº 10	457.00	22	47	53
Nº 20	497.30	24	71	29
Nº 40	372.20	18	89	11
Nº 60	136.70	7	95	5
Nº 100	80.90	4	99	1
Nº 140	18.50	1	100	0
Nº 200	3.50	0	100	0
Plato	0.50	0	100	
<b>Suma</b>	<b>2094.90</b>	<b>100</b>		

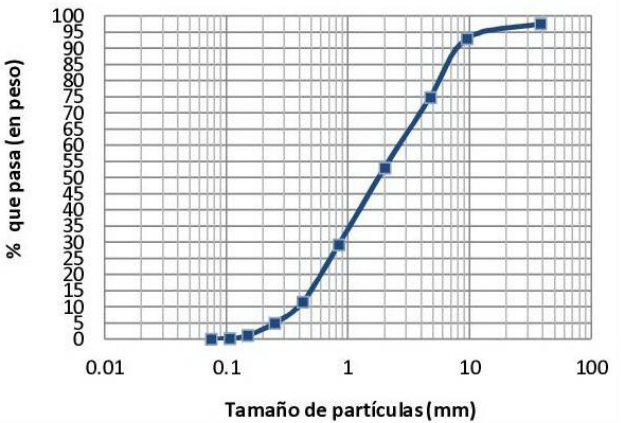
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** \_\_\_\_\_



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
25	22	63	11	0

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 2</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.00m - 1.30m</u>		
<b>FECHA:</b> _____		
<b>MUESTRA:</b> _____		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1915.40</u>		<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	19.40	1	1	99
3/8"	33.40	2	3	97
Nº4	196.20	10	13	87
Nº 10	535.50	28	41	59
Nº 20	497.40	26	67	33
Nº 40	327.30	17	84	16
Nº 60	146.90	8	92	8
Nº 100	85.90	4	96	4
Nº 140	43.00	2	98	2
Nº 200	23.00	1	100	0
Plato	7.40	0	100	
<b>Suma</b>	1915.40	100		

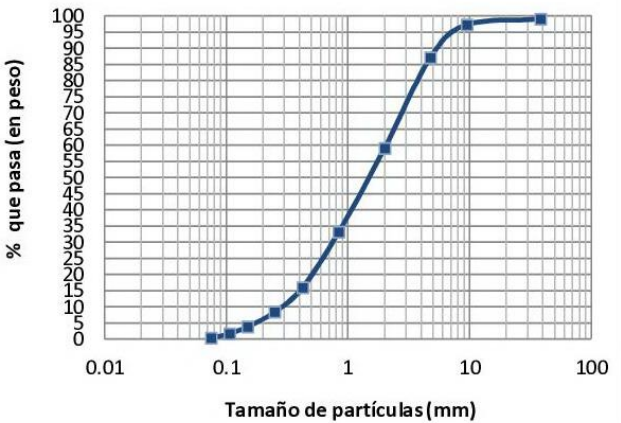
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	13a		
Número de golpes	24		
Factor de corrección	0.9951		
Tara (gr)	11.22		
Tara+Mat Hum (gr)	24.73		
Tara+Mat Seco (gr)	20.26		
Humedad (%)	49.50		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	14a		
Tara (gr)	11.21		
Tara+Mat Hum (gr)	18.63		
Tara+Mat Seco (gr)	16.83		
Humedad (%)	32.01		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 7 (0)

**Límite Líquido:** 49.25

**Límite Plástico:** 32.01

**Índice de Plasticidad:** 17.24



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
13	28	71	16	0

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 3</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0m - 0.10m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1357.50</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	15.00	1	1	99
3/8"	10.90	1	2	98
Nº4	54.70	4	6	94
Nº 10	183.40	14	19	81
Nº 20	323.90	24	43	57
Nº 40	319.70	24	67	33
Nº 60	176.20	13	80	20
Nº 100	132.80	10	90	10
Nº 140	56.40	4	94	6
Nº 200	32.10	2	96	4
Plato	52.40	4	100	
<b>Suma</b>	<b>1357.50</b>	<b>100</b>		

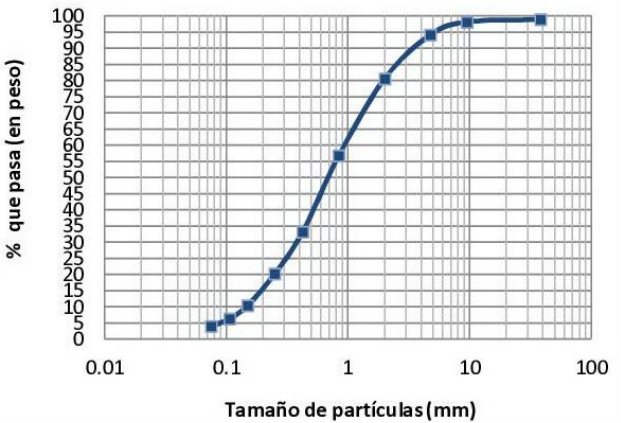
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3 (0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** NP

**Índice de Plasticidad:** \_\_\_\_\_

**Índice de Grupo:** 0



  

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
6	14	61	29	4

OBSERVACIONES	



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 3</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.10m - 1.20m</u>		
<b>FECHA:</b> _____		
<b>MUESTRA:</b> _____		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1094.30</u>		<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	13.30	1	1	99
3/8"	7.20	1	2	98
Nº4	36.00	3	5	95
Nº 10	151.40	14	19	81
Nº 20	266.00	24	43	57
Nº 40	255.70	23	67	33
Nº 60	124.00	11	78	22
Nº 100	81.90	7	85	15
Nº 140	40.80	4	89	11
Nº 200	30.70	3	92	8
Plato	87.30	8	100	
<b>Suma</b>	<b>1094.30</b>	<b>100</b>		

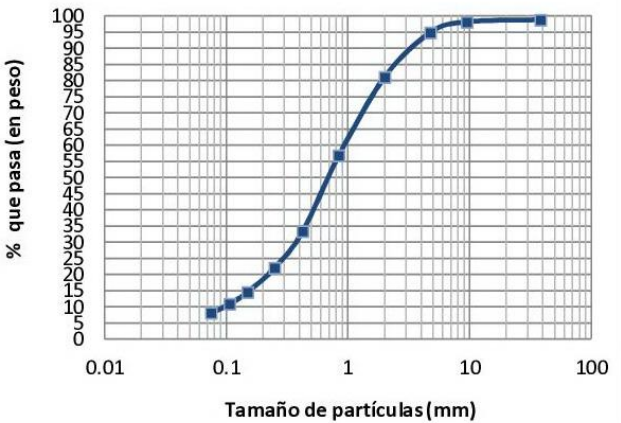
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	17a		
Número de golpes	23		
Factor de corrección	0.9900		
Tara (gr)	11.10		
Tara+Mat Hum (gr)	30.08		
Tara+Mat Seco (gr)	25.69		
Humedad (%)	30.06		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	18a		
Tara (gr)	11.12		
Tara+Mat Hum (gr)	29.76		
Tara+Mat Seco (gr)	26.02		
Humedad (%)	25.11		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 4 (0)

**Límite Líquido:** 29.76

**Límite Plástico:** 25.11

**Índice de Plasticidad:** 4.64



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
5	14	62	25	8

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 3</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.20m - 1.95m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1750.10</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	2.20	0	0	100
3/8"	12.40	1	1	99
Nº4	68.10	4	5	95
Nº 10	279.60	16	21	79
Nº 20	683.90	39	60	40
Nº 40	302.00	17	77	23
Nº 60	353.80	20	97	3
Nº 100	39.10	2	99	1
Nº 140	6.50	0	100	0
Nº 200	1.70	0	100	0
Plato	0.80	0	100	
<b>Suma</b>	<b>1750.10</b>	<b>100</b>		

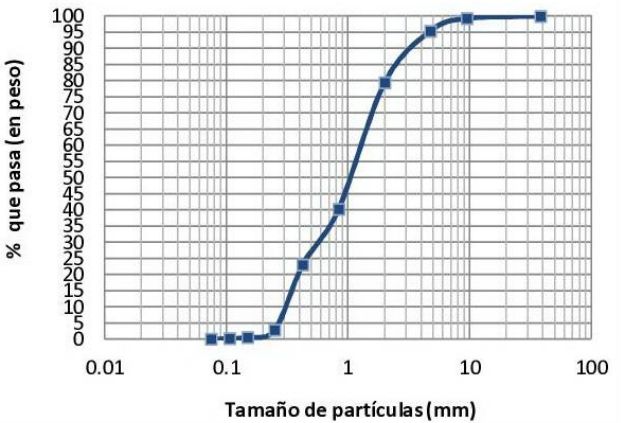
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3 (0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** NP



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
5	16	72	23	0

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 3</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.95m - 2.15m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>912.10</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	0.00	0	0	100
3/8"	2.30	0	0	100
Nº4	14.60	2	2	98
Nº 10	67.80	7	9	91
Nº 20	121.10	13	23	77
Nº 40	219.90	24	47	53
Nº 60	162.80	18	65	35
Nº 100	137.40	15	80	20
Nº 140	76.00	8	88	12
Nº 200	57.50	6	94	6
Plato	52.70	6	100	
<b>Suma</b>	<b>912.10</b>	<b>100</b>		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	15a		
Número de golpes	22		
Factor de corrección	0.9847		
Tara (gr)	11.32		
Tara+Mat Hum (gr)	30.18		
Tara+Mat Seco (gr)	26.34		
Humedad (%)	25.59		

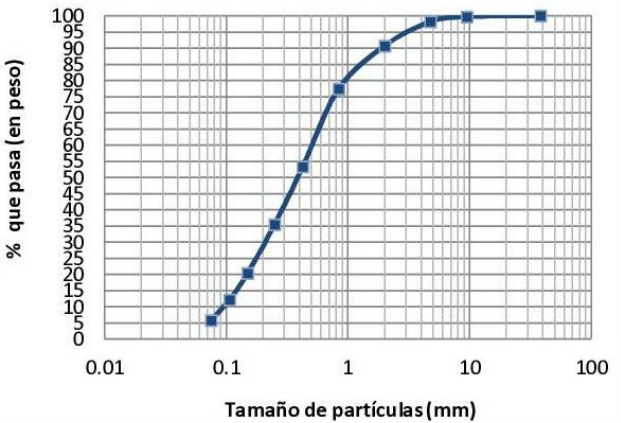
LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	16a		
Tara (gr)	11.30		
Tara+Mat Hum (gr)	19.91		
Tara+Mat Seco (gr)	18.35		
Humedad (%)	22.02		

RESULTADOS			
<b>Clasificación AASTHO:</b>	<u>A - 2 - 4 (0)</u>		
<b>Límite Líquido:</b>	<u>25.20</u>		
<b>Límite Plástico:</b>	<u>22.02</u>		
<b>Índice de Plasticidad:</b>	<u>3.18</u>		
<b>Índice de Grupo:</b>	<u>0</u>		



**Curva Granulométrica**



ARENA				92	FINOS
GRAVA	G	M	F		
2	7	45	48	6	

OBSERVACIONES					

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 4</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0m - 0.07m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>284.30</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	0.00	0	0	100
3/8"	2.30	1	1	99
Nº4	11.70	4	5	95
Nº 10	38.00	13	18	82
Nº 20	36.80	13	31	69
Nº 40	30.50	11	42	58
Nº 60	28.30	10	52	48
Nº 100	32.80	12	63	37
Nº 140	23.80	8	72	28
Nº 200	21.30	7	79	21
Plato	58.80	21	100	
Suma	284.30	100		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	3a		
Número de golpes	20		
Factor de corrección	0.9734		
Tara (gr)	11.26		
Tara+Mat Hum (gr)	21.20		
Tara+Mat Seco (gr)	18.20		
Humedad (%)	43.22		

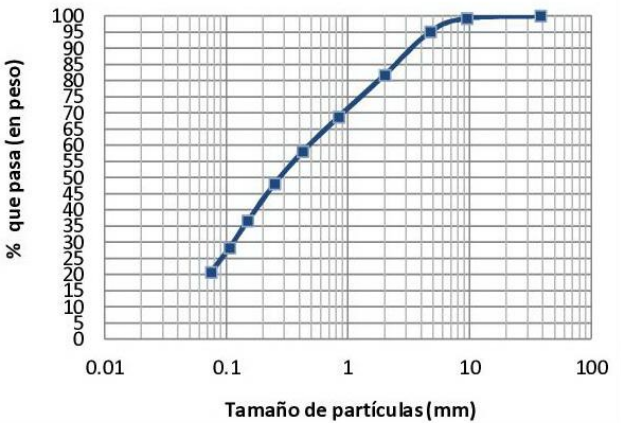
LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	4a		
Tara (gr)	11.04		
Tara+Mat Hum (gr)	12.90		
Tara+Mat Seco (gr)	12.43		
Humedad (%)	33.38		

RESULTADOS			
Clasificación AASTHO:	A - 2 - 5 (0)		
Límite Líquido:	42.07		
Límite Plástico:	33.38		
Índice de Plasticidad:	8.69		
Índice de Grupo:	0		

**Curva Granulométrica**





GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
5	13	37	37	21

OBSERVACIONES				



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 4</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.07m - 0.57m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>793.50</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	0.00	0	0	100
3/8"	9.20	1	1	99
Nº4	58.70	7	9	91
Nº 10	158.90	20	29	71
Nº 20	195.40	25	53	47
Nº 40	131.30	17	70	30
Nº 60	65.70	8	78	22
Nº 100	52.30	7	85	15
Nº 140	34.90	4	89	11
Nº 200	35.00	4	93	7
Plato	52.10	7	100	
<b>Suma</b>	<b>793.50</b>	<b>100</b>		

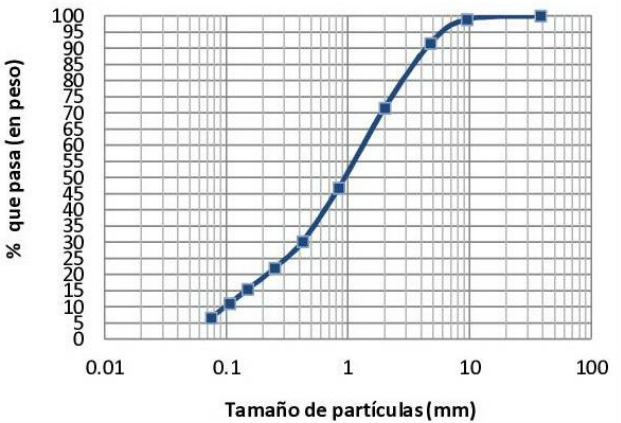
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	19a		
Número de golpes	20		
Factor de corrección	0.9734		
Tara (gr)	11.40		
Tara+Mat Hum (gr)	20.98		
Tara+Mat Seco (gr)	17.47		
Humedad (%)	57.85		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	20a		
Tara (gr)	11.04		
Tara+Mat Hum (gr)	14.31		
Tara+Mat Seco (gr)	13.25		
Humedad (%)	47.90		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 5 (0)

**Límite Líquido:** 56.31

**Límite Plástico:** 47.90

**Índice de Plasticidad:** 8.41



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
9	20	61	24	7

OBSERVACIONES				

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Exelencia Academica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 4</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.57m - 1.10m</u>		
<b>FECHA:</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>923.30</u>		<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	8.20	1	1	99
3/8"	15.60	2	3	97
Nº4	101.40	11	14	86
Nº 10	189.50	21	34	66
Nº 20	183.60	20	54	46
Nº 40	150.80	16	70	30
Nº 60	86.90	9	80	20
Nº 100	62.40	7	86	14
Nº 140	37.70	4	91	9
Nº 200	35.10	4	94	6
Plato	52.10	6	100	
<b>Suma</b>	<b>923.30</b>	<b>100</b>		

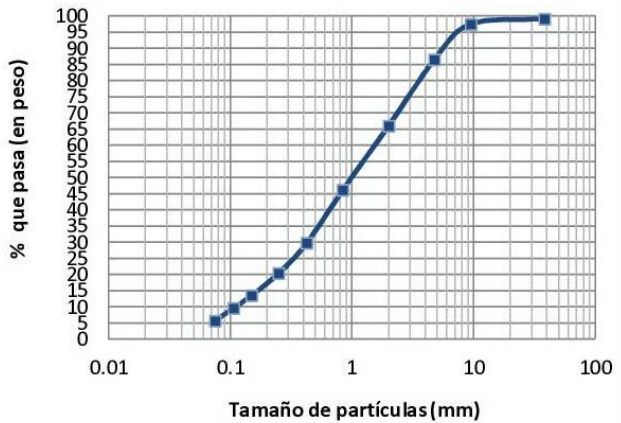
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	1a		
Número de golpes	21		
Factor de corrección	0.9792		
Tara (gr)	11.20		
Tara+Mat Hum (gr)	24.08		
Tara+Mat Seco (gr)	19.71		
Humedad (%)	51.26		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	2a		
Tara (gr)	11.17		
Tara+Mat Hum (gr)	16.19		
Tara+Mat Seco (gr)	14.56		
Humedad (%)	48.05		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 5 (0)

**Límite Líquido:** 50.19

**Límite Plástico:** 48.05

**Índice de Plasticidad:** 2.14



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
14	21	57	24	6

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 4</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.10m - 2.50m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1256.90</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	30.00	2	2	98
3/8"	52.70	4	7	93
Nº4	213.20	17	24	76
Nº 10	297.20	24	47	53
Nº 20	218.10	17	65	35
Nº 40	149.30	12	76	24
Nº 60	91.40	7	84	16
Nº 100	71.30	6	89	11
Nº 140	39.20	3	92	8
Nº 200	31.10	2	95	5
Plato	63.40	5	100	
<b>Suma</b>	1256.90	100		

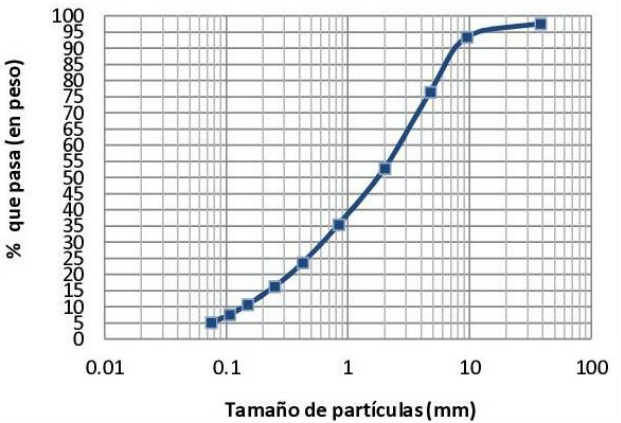
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	5a		
Número de golpes	25		
Factor de corrección	1		
Tara (gr)	11.36		
Tara+Mat Hum (gr)	29.73		
Tara+Mat Seco (gr)	23.77		
Humedad (%)	48.05		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	6a		
Tara (gr)	11.23		
Tara+Mat Hum (gr)	13.61		
Tara+Mat Seco (gr)	13.07		
Humedad (%)	29.32		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 7 (0)

**Límite Líquido:** 48.05

**Límite Plástico:** 29.32

**Índice de Plasticidad:** 18.74



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
24	24	53	19	5

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0m - 0.12m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1719.60</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	551.50	32	32	68
3/8"	184.30	11	43	57
Nº4	271.30	16	59	41
Nº 10	210.40	12	71	29
Nº 20	135.60	8	79	21
Nº 40	90.70	5	84	16
Nº 60	60.40	4	87	13
Nº 100	54.90	3	91	9
Nº 140	35.40	2	93	7
Nº 200	30.10	2	94	6
Plato	95.00	6	100	
<b>Suma</b>	1719.60	100		

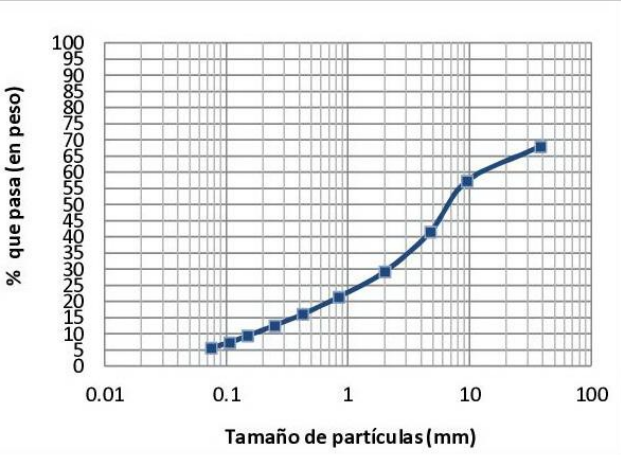
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	9a		
Número de golpes	25		
Factor de corrección	1		
Tara (gr)	11.12		
Tara+Mat Hum (gr)	22.65		
Tara+Mat Seco (gr)	20.03		
Humedad (%)	29.36		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	10a		
Tara (gr)	11.23		
Tara+Mat Hum (gr)	15.62		
Tara+Mat Seco (gr)	14.78		
Humedad (%)	23.76		

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 4(0)

**Límite Líquido:** 29.36

**Límite Plástico:** 23.76

**Índice de Plasticidad:** 5.60

**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
59	12	25	11	6

OBSERVACIONES	



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Exelencia Academica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.12m - 0.37m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1412.80</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	52.80	4	4	96
3/8"	36.90	3	6	94
Nº4	113.20	8	14	86
Nº 10	218.20	15	30	70
Nº 20	242.20	17	47	53
Nº 40	213.20	15	62	38
Nº 60	146.50	10	72	28
Nº 100	133.70	9	82	18
Nº 140	83.50	6	88	12
Nº 200	64.50	5	92	8
Plato	108.10	8	100	
<b>Suma</b>	<b>1412.80</b>	<b>100</b>		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	11a		
Número de golpes	27		
Factor de corrección	1.0094		
Tara (gr)	11.15		
Tara+Mat Hum (gr)	29.93		
Tara+Mat Seco (gr)	25.11		
Humedad (%)	34.58		

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	12a		
Tara (gr)	11.20		
Tara+Mat Hum (gr)	18.11		
Tara+Mat Seco (gr)	17.53		
Humedad (%)	9.18		

**Curva Granulométrica**

Tamaño de partículas (mm)

**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 2 - 4(0)

**Límite Líquido:** 34.91

**Límite Plástico:** 9.18

**Índice de Plasticidad:** 5.24



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
14	15	48	30	8

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.37m - 0.65m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1123.44</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	23.60	2	2	98
3/8"	26.40	2	4	96
Nº4	76.50	7	11	89
Nº 10	184.10	16	28	72
Nº 20	202.10	18	46	54
Nº 40	190.90	17	63	37
Nº 60	135.30	12	75	25
Nº 100	116.71	10	85	15
Nº 140	68.61	6	91	9
Nº 200	52.61	5	96	4
Plato	46.61	4	100	
<b>Suma</b>	<b>1123.44</b>	<b>100</b>		

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID	7a		
Número de golpes	20		
Factor de corrección	0.9734		
Tara (gr)	11.20		
Tara+Mat Hum (gr)	32.62		
Tara+Mat Seco (gr)	27.76		
Humedad (%)	29.36		

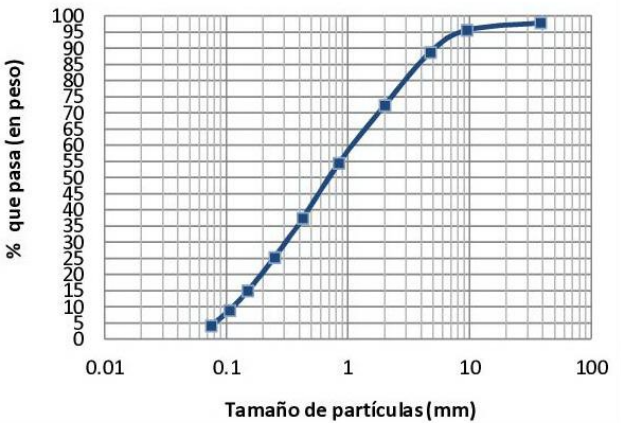
LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID	8a		
Tara (gr)	11.19		
Tara+Mat Hum (gr)	13.68		
Tara+Mat Seco (gr)	13.21		
Humedad (%)	22.91		

RESULTADOS	
<b>Clasificación AASTHO:</b>	<u>A - 2 - 4(0)</u>
<b>Límite Líquido:</b>	<u>28.58</u>
<b>Límite Plástico:</b>	<u>22.91</u>
<b>Índice de Plasticidad:</b>	<u>5.67</u>
<b>Índice de Grupo:</b>	<u>0</u>



**Curva Granulométrica**



GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
11	16	51	33	4

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 0.65m - 1.50m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1290.00</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	2.10	0	0	100
3/8"	12.00	1	1	99
Nº4	47.50	4	5	95
Nº 10	124.10	10	14	86
Nº 20	251.50	19	34	66
Nº 40	435.70	34	68	32
Nº 60	260.80	20	88	12
Nº 100	119.80	9	97	3
Nº 140	29.80	2	99	1
Nº 200	6.00	0	100	0
Plato	0.70	0	100	
<b>Suma</b>	<b>1290.00</b>	<b>100</b>		

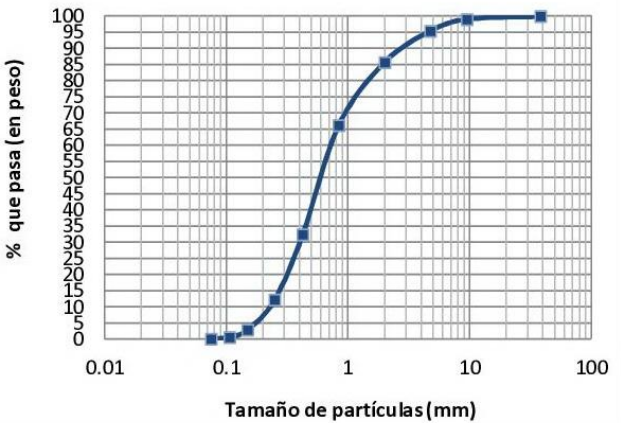
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** NP



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
5	10	63	32	0

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAP</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 1.50m - 2.00m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1076.90</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> _____		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRIA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	3.90	0	0	100
3/8"	1.30	0	0	100
Nº4	13.20	1	2	98
Nº 10	65.90	6	8	92
Nº 20	220.50	20	28	72
Nº 40	449.50	42	70	30
Nº 60	277.70	26	96	4
Nº 100	42.20	4	100	0
Nº 140	2.40	0	100	0
Nº 200	0.20	0	100	0
Plato	0.10	0	100	
<b>Suma</b>	1076.90	100		

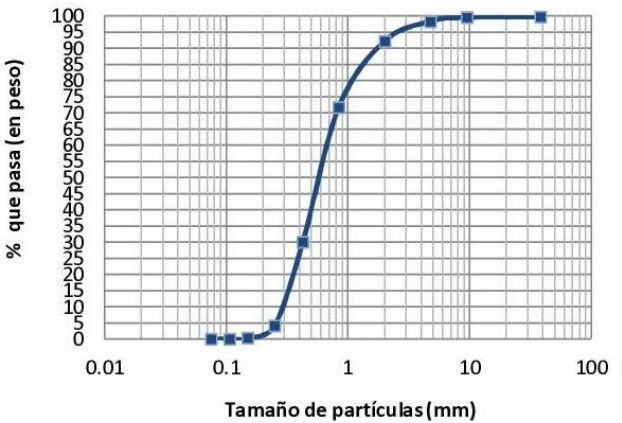
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** NP

**Índice de Grupo:** 0



  

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
2	6	68	30	0

OBSERVACIONES	



	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> <u>Diseño de 1km de adoquinado para dar acceso al Instituto de Excelencia Académica IDEA</u>		
<b>SONDEO:</b> <u>Punto 5</u>		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> <u>Material extraído de 2.00m - 2.20m</u>		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> <u>1036.40</u>		<b>FECHA:</b> _____
<b>Peso después de lavado (gr):</b> <u>-</u>		<b>MUESTRA:</b> _____
<b>Método de ensayo:</b> <u>Tamizado</u>		

GRANULOMETRÍA ASTM D 422				
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP
1 1/2"	1.90	0	0	100
3/8"	4.60	0	1	99
Nº4	39.30	4	4	96
Nº 10	144.10	14	18	82
Nº 20	192.20	19	37	63
Nº 40	225.00	22	59	41
Nº 60	179.50	17	76	24
Nº 100	124.90	12	88	12
Nº 140	61.60	6	94	6
Nº 200	41.70	4	98	2
Plato	21.60	2	100	
Suma	1036.40	100		

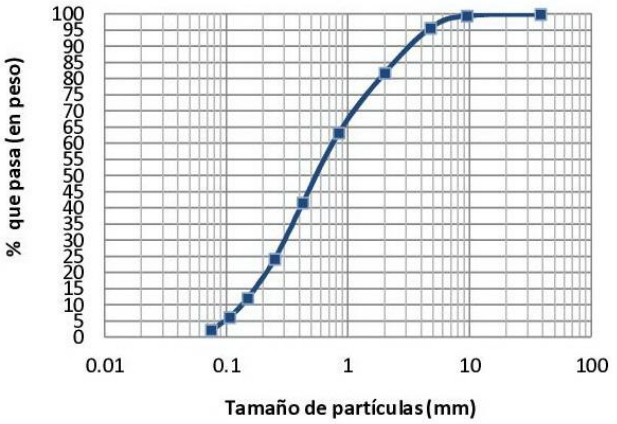
LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318			
ID			
Número de golpes			
Factor de corrección			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318			
ID			
Tara (gr)			
Tara+Mat Hum (gr)			
Tara+Mat Seco (gr)			
Humedad (%)			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

**Clasificación AASTHO:** A - 3(0)

**Límite Líquido:** \_\_\_\_\_

**Límite Plástico:** \_\_\_\_\_

**Índice de Plasticidad:** NP



**Índice de Grupo:** 0

GRAVA	ARENA			FINOS
	G	M	F	
4	14	54	39	2

OBSERVACIONES	

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTIFICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>CIGEO / UNAN</b> <b>GRANULOMETRÍA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>PROYECTO:</b> ADOQUINADO IDEA DIRIAMBÁ		
<b>SONDEO:</b> BANCO DE MATERIALES		
<b>DESCRIPCIÓN:</b> MUESTRA EXTRAÍDA DEL BANCO DE MATERIALES		
<b>Peso total de la muestra (gr):</b> 2990.50		<b>FECHA:</b>
<b>Peso después de lavado (gr):</b> -		<b>MUESTRA:</b> M
		<b>Método de ensayo:</b> tamizado

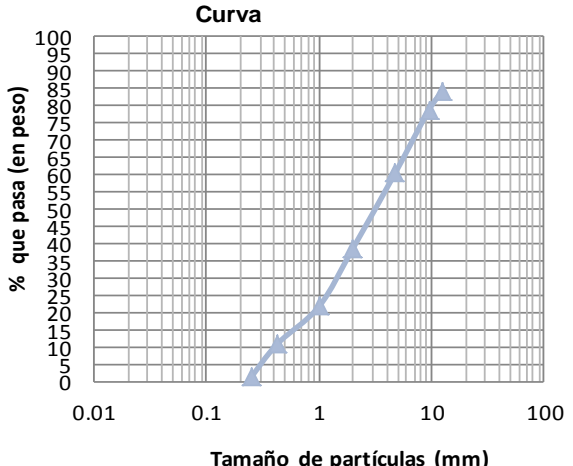
  

GRANULOMETRÍA					LÍMITE LÍQUIDO			
ASTM D 422					ASTM D 4318			
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP	ID			
					Número de golpes			
					humedad corregida(%)			
					Tara (gr)			
					Tara+Mat Hum (gr)			
					Tara+Mat Seco (gr)			
					Humedad (%)			

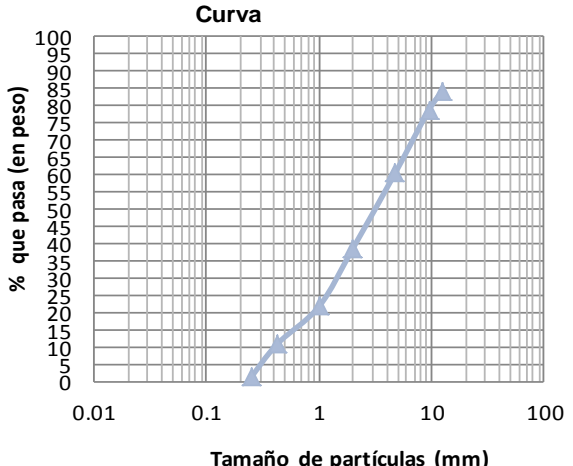
  

GRANULOMETRÍA					LÍMITE PLÁSTICO			
Tamiz	PR	%RP	%RA	%QP	ASTM D 4318			
					ID			
					Tara (gr)			
					Tara+Mat Hum (gr)			
					Tara+Mat Seco (gr)			
					Humedad (%)			

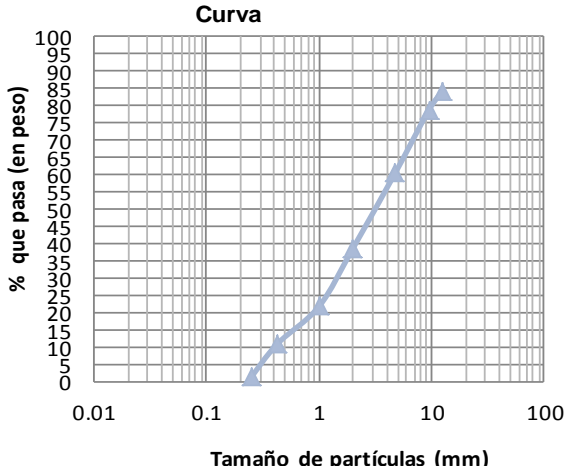
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

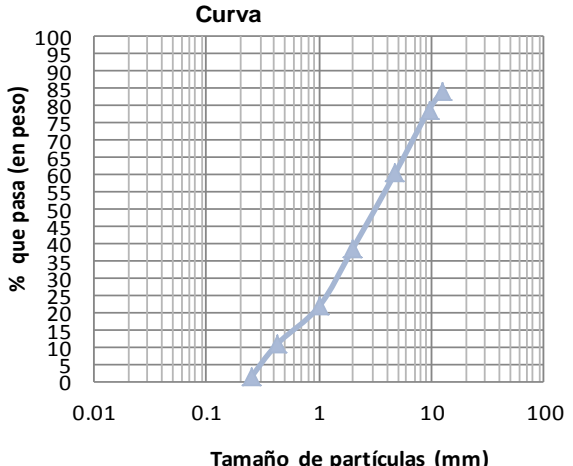
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

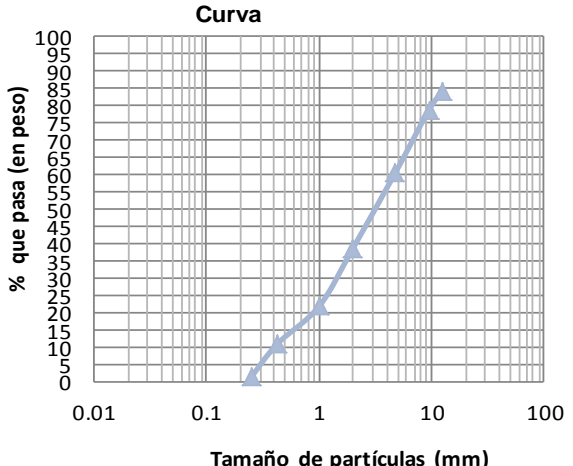
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

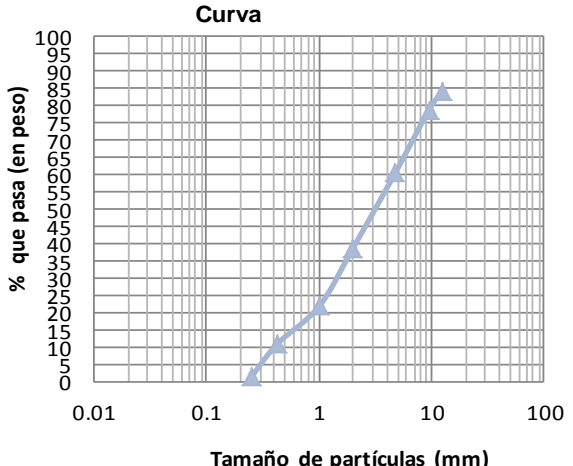
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

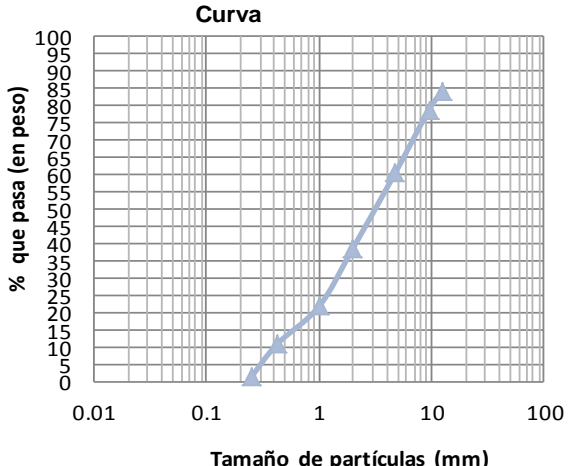
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

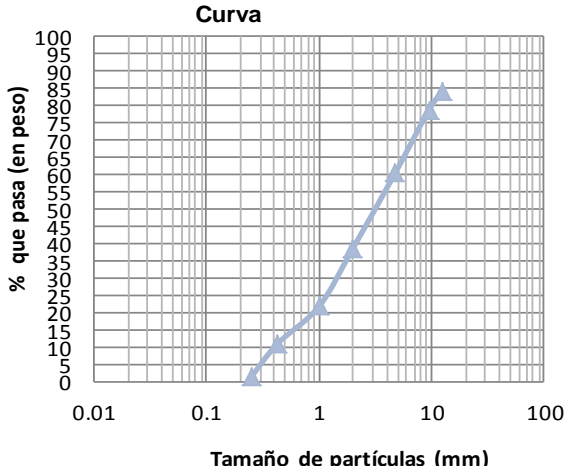
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

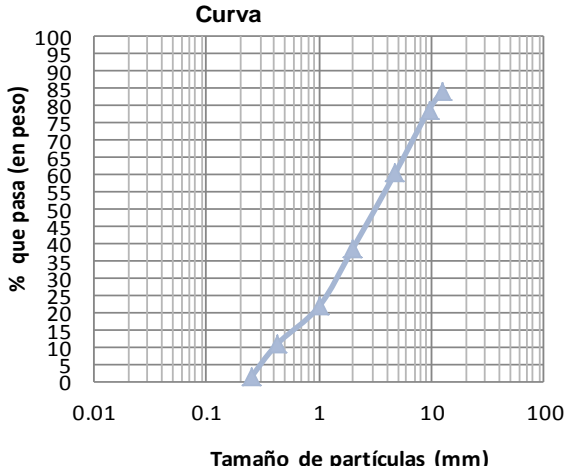
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

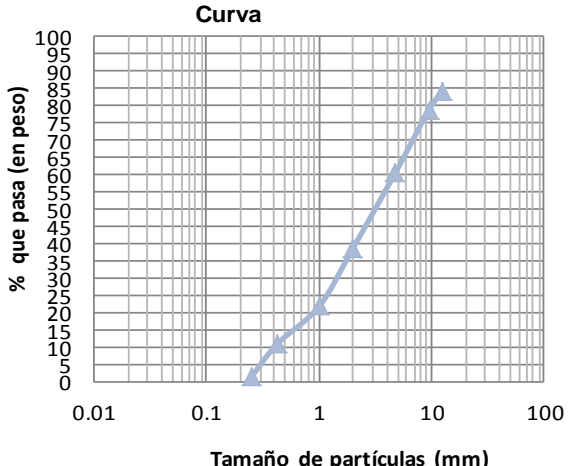
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

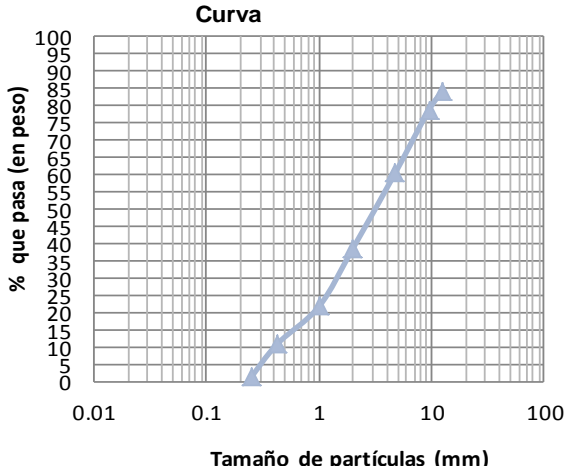
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

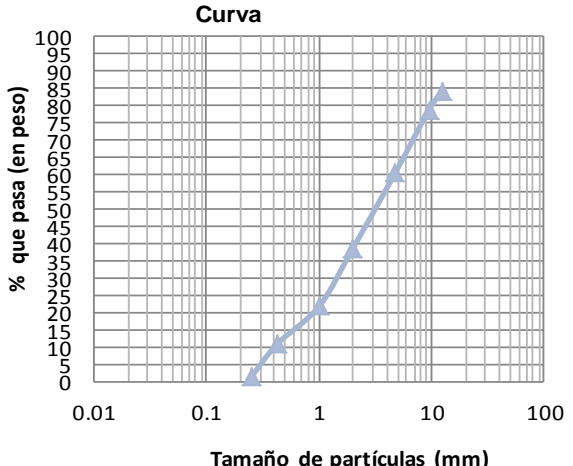
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

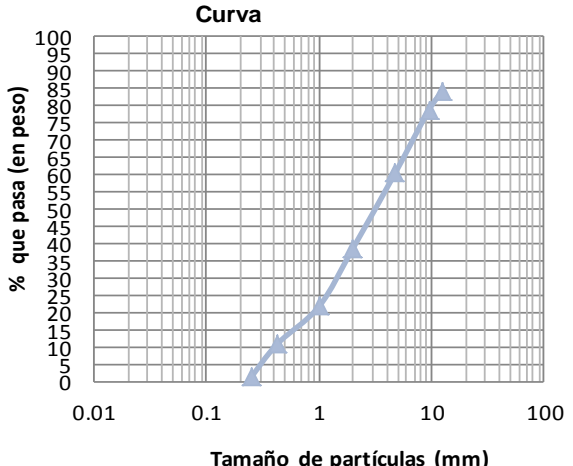
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

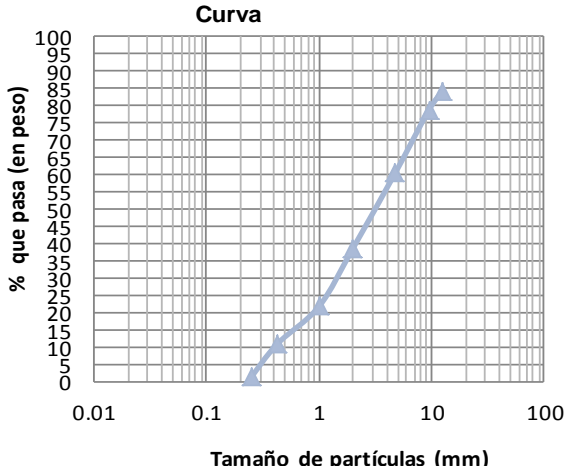
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

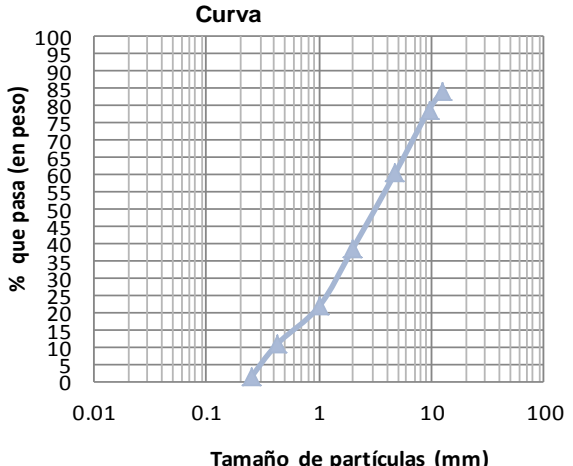
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

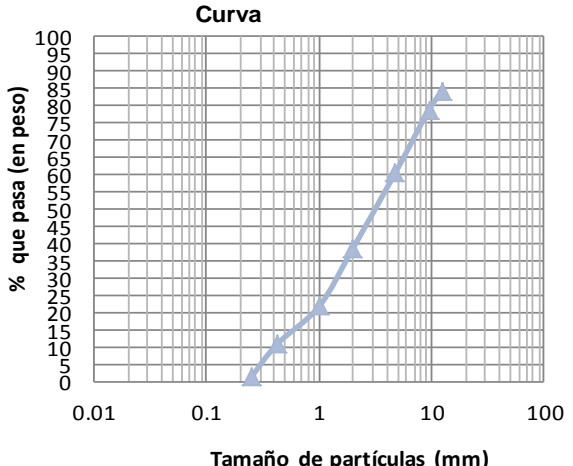
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

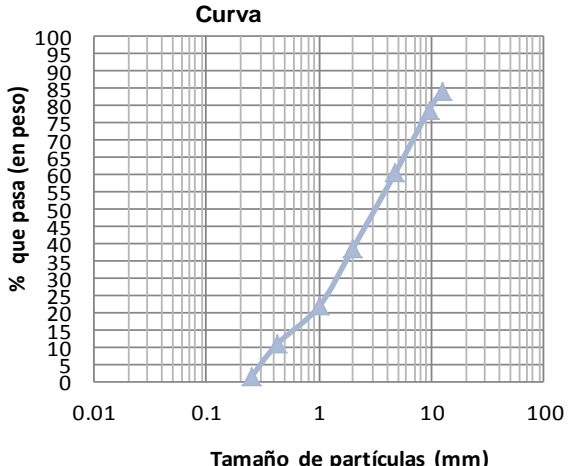
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

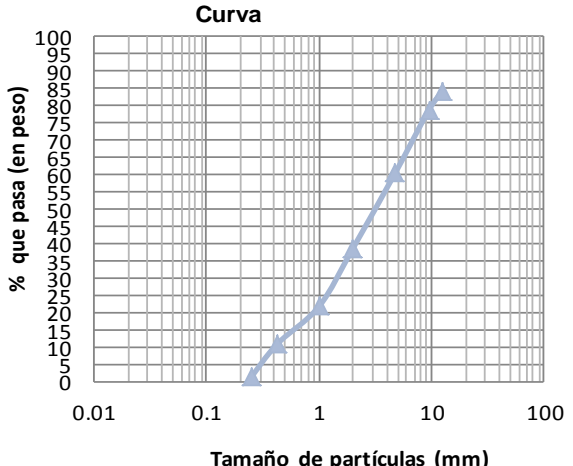
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

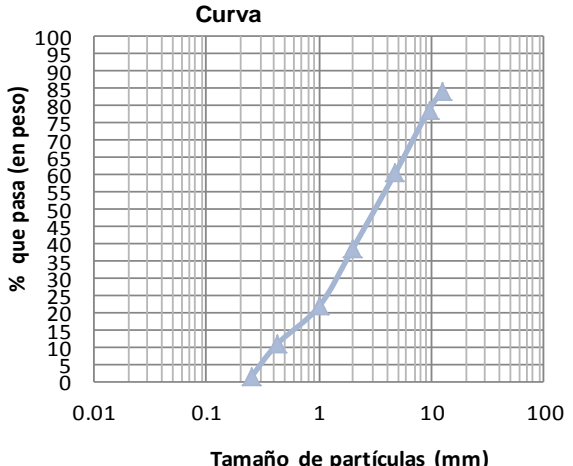
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

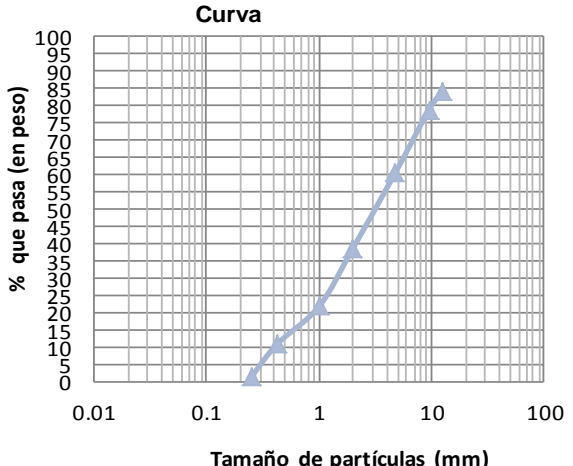
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

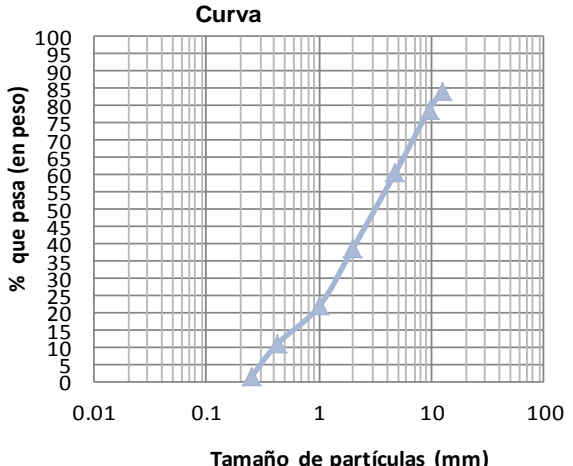
  

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

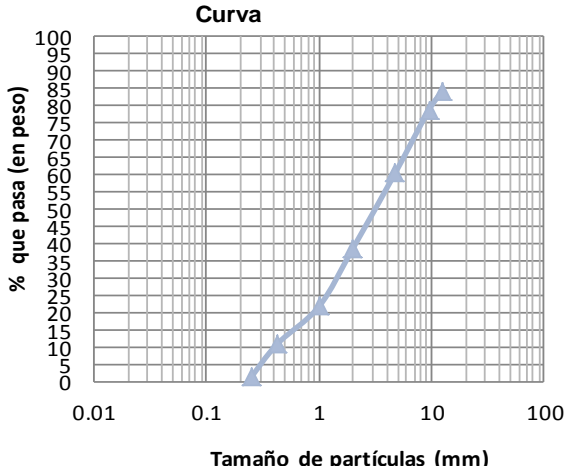
  




GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			
					<b>Límite Plástico:</b> 0.00			
					<b>Índice de Plasticidad:</b> NP			
					<b>Índice de Grupo:</b> 0			
					<b>D10:</b>			
					<b>D30:</b>			
					<b>D60:</b>			
<b>Cc:</b>								
<b>Cu:</b>								

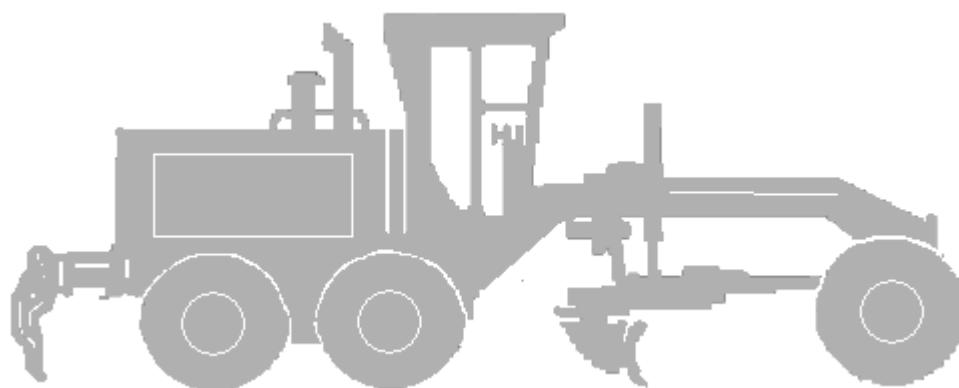
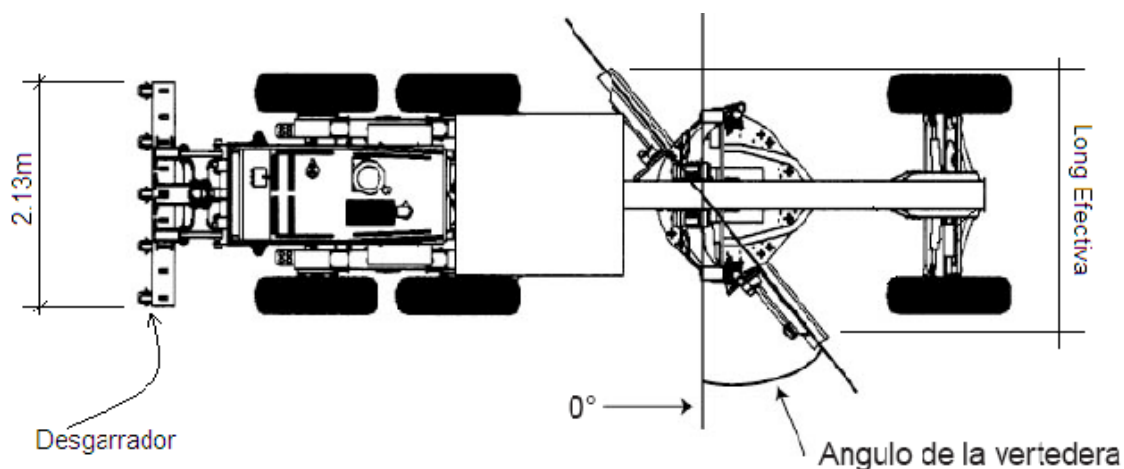
GRANULOMETRÍA					RESULTADOS			
<div style="text-align: center;"> <b>Curva</b>  </div>					<b>Clasificación AASTHO:</b> A-3(0)			
					<b>Límite Líquido:</b> 0.00			

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA</b> <b>CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOCIÉNTICAS</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA</b> <b>ENSAYO DE CBR</b> <b>DE LABORATORIO</b> <b>AASHTO T-193</b>																																									
<b>Datos del Proyecto</b> <b>Nombre:</b> adoquinado acceso a IDEA Diriamba <b>Ubicación:</b> estadio de baseball 1 cuadra al norte <b>Etapas:</b> Estudios Técnicos y Diseño																																										
		<b>Fecha:</b> 28/08/2010 <b>Número de Capas:</b> 5 <b>No. de Golpes por capa:</b> 12 <b>Area del Pistón (pulg2):</b> 3																																								
<b>Descripción del Material:</b> arena fina A-3(0), calidad como subrasante excelente a buena <b>Localización y Descripción del Sitio de Origen:</b> Extraída del banco de material cercano al sitio del proyecto																																										
<b>Clasificación del Suelo:</b> Sistema AASTHO: A-3 (0) Sistema USC:		<b>Densidad Humedad (gr/cm3):</b> 1.90 <b>% Humedad:</b> 11.97 <b>Densidad Seca (gr/cm3):</b> 1.70																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">CBR</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Carga (KN)</th> <th style="text-align: center;">Carga (lbs)</th> <th style="text-align: center;">Penetración (pulg)</th> <th style="text-align: center;">Resistencia (PSI)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.260</td><td>526.450</td><td>0.05</td><td>175.483</td></tr> <tr><td>0.520</td><td>1052.901</td><td>0.1</td><td>350.967</td></tr> <tr><td>0.570</td><td>1154.141</td><td>0.15</td><td>384.714</td></tr> <tr><td>0.680</td><td>1376.870</td><td>0.2</td><td>458.957</td></tr> <tr><td>0.710</td><td>1437.614</td><td>0.25</td><td>479.205</td></tr> <tr><td>0.820</td><td>1660.343</td><td>0.3</td><td>553.448</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>2024.809</td><td>0.4</td><td>674.936</td></tr> <tr><td>1.160</td><td>2348.778</td><td>0.5</td><td>782.926</td></tr> </tbody> </table>			CBR				Carga (KN)	Carga (lbs)	Penetración (pulg)	Resistencia (PSI)	0.260	526.450	0.05	175.483	0.520	1052.901	0.1	350.967	0.570	1154.141	0.15	384.714	0.680	1376.870	0.2	458.957	0.710	1437.614	0.25	479.205	0.820	1660.343	0.3	553.448	1.000	2024.809	0.4	674.936	1.160	2348.778	0.5	782.926
CBR																																										
Carga (KN)	Carga (lbs)	Penetración (pulg)	Resistencia (PSI)																																							
0.260	526.450	0.05	175.483																																							
0.520	1052.901	0.1	350.967																																							
0.570	1154.141	0.15	384.714																																							
0.680	1376.870	0.2	458.957																																							
0.710	1437.614	0.25	479.205																																							
0.820	1660.343	0.3	553.448																																							
1.000	2024.809	0.4	674.936																																							
1.160	2348.778	0.5	782.926																																							
																																										
<b>CBR (0.1):</b> 35% <b>CBR (0.2):</b> 31% <b>CBR (0.3):</b> 29.13% <b>CBR(0.40):</b> 29.35% <b>CBR(0.50):</b> 30.11%																																										
<b>Técnico:</b> br.Tamara Zamora		<b>Revisado:</b>																																								
<a href="http://www.cigeo.edu.ni">www.cigeo.edu.ni</a> E-mail: <a href="mailto:cigeodin@cigeo.edu.ni">cigeodin@cigeo.edu.ni</a>																																										
Colonia Miguel Bonilla, Casa No. 165      Tel. (505)22770621 - (505)22703983      Fax. (505) 22770613																																										

Peso del molde: 4123.5  
 Volumen del molde: 3243.33  
 Molde + Muestra: 10284.2

### III. MAQUINARIA Y SUS RENDIMIENTOS

#### Motoniveladora Cat 120H

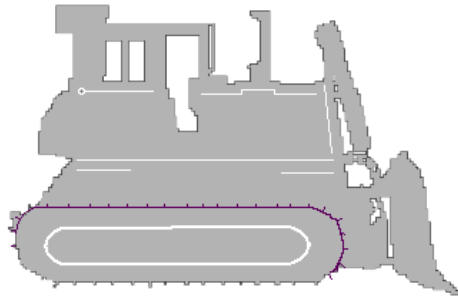


		Longitud efectiva de la hoja*							
		Vertedera							
		3,66 m (12')		4,27 m (14')		4,88 m (16')		7,32 m (24')	
Angulo°	0°	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies
	5°	3,66	12,00	4,27	14,00	4,88	16,00	7,32	24,00
	10°	3,64	11,95	4,25	13,95	4,86	15,94	7,29	23,91
	15°	3,60	11,82	4,20	13,79	4,80	15,76	7,21	23,64
	20°	3,53	11,59	4,12	13,52	4,71	15,45	7,07	23,18
	25°	3,44	11,28	4,01	13,16	4,58	15,04	6,87	22,55
	30°	3,32	10,88	3,87	12,69	4,42	14,50	6,63	21,75
	35°	3,17	10,39	3,69	12,12	4,22	13,86	6,33	20,78
	40°	3,00	9,83	3,50	11,47	4,00	13,11	5,99	19,66
	45°	2,80	9,19	3,27	10,72	3,74	12,26	5,61	18,39
	45°	2,59	8,49	3,02	9,90	3,45	11,31	5,17	16,97

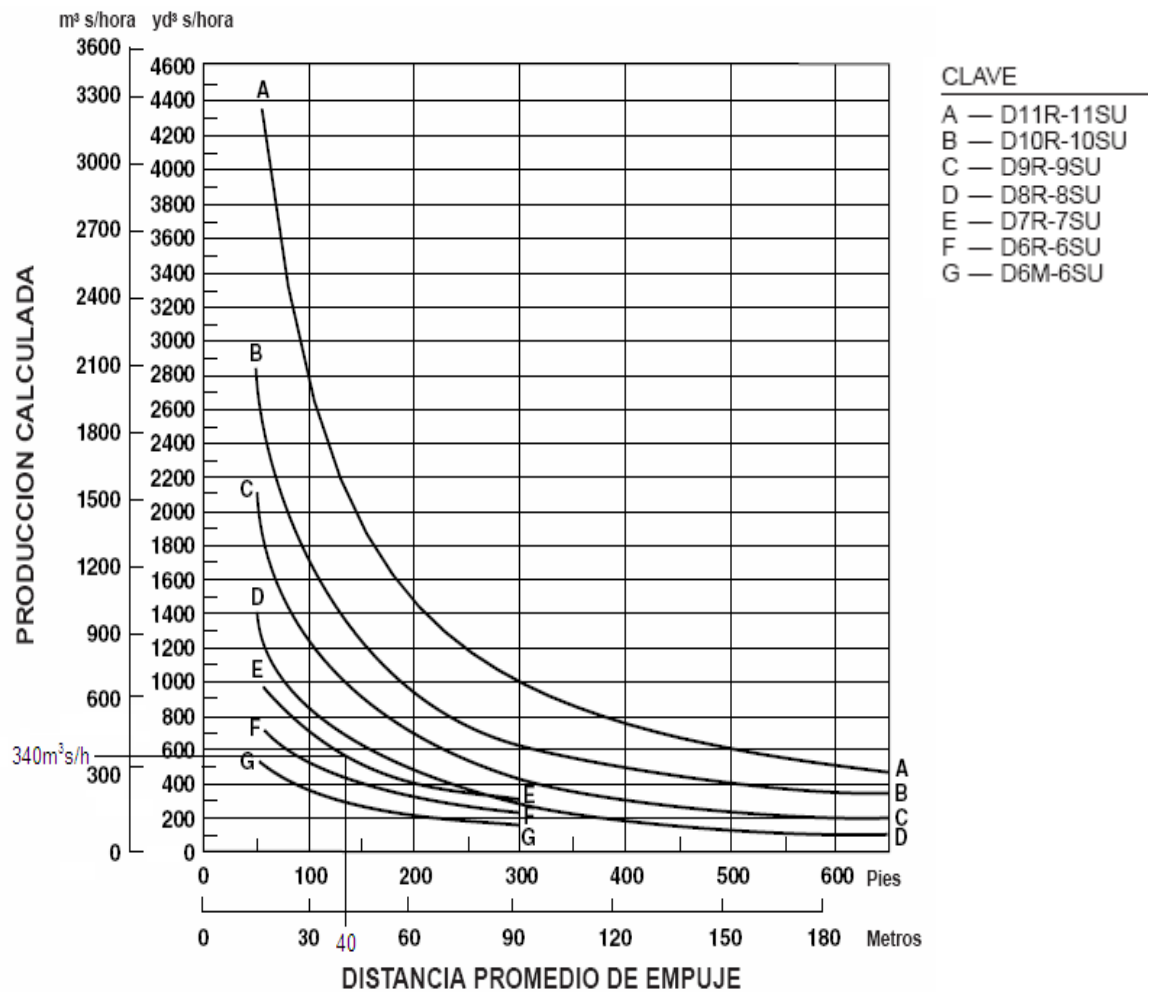
\*La longitud efectiva de la hoja es la cobertura de la hoja que se puede obtener cuando la hoja está a un ángulo determinado.



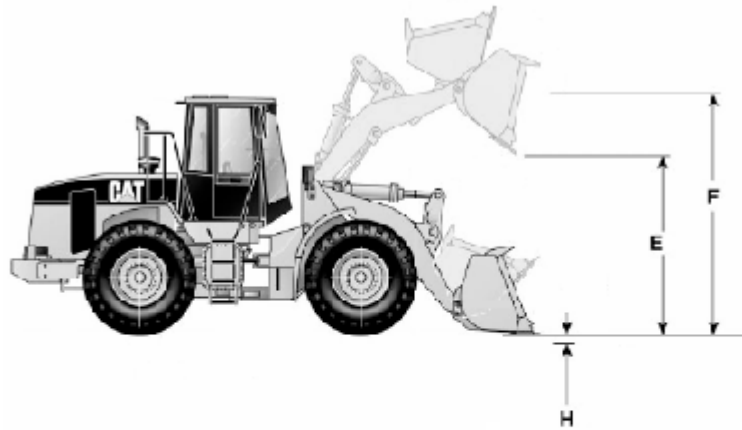
## Tractor Cat D7R LGP



**Tabla A- 22:** Producción teórica de tractores D7R utilizando hoja semiuniversal (SU)



## Cargadora Frontal de Ruedas Cat 928G



E	Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo	2,84 m	9'4"
F	Altura al pasador del cucharón en levantamiento máximo	3,87 m	12'8"
H	Profundidad máxima de excavación	86 mm	3,4"

### FACTORES DE TIEMPO DE CICLO

El promedio del tiempo de ciclo básico (carga, descarga, maniobra) de un cargador articulado es de 0,45-0,55 mi-

*Minutos a sumar (+)  
o a restar (-) del  
ciclo básico*

#### Máquina

— Manipulador de materiales..... -0,05

#### Materiales

— Mezclados..... +0,02

— Hasta 3 mm (1/8 pulg). .... +0,02

— De 3 mm (1/8 pulg) a  
20 mm (3/4 pulg) ..... -0,02

— De 20 mm (3/4 pulg) a  
150 mm (6 pulg). .... 0,00

— Más de 150 mm (6 pulg) ..... +0,03 y más

— Banco o fracturado ..... +0,04 y más

#### Pila

— Apilado por Transportador o Topadora  
a más de 3 m (10 pies)..... 0,00

— Apilado por Transportador o Topadora  
a menos de 3 m (10 pies)..... +0,01

— Descargado por camión ..... +0,02

#### Varios

— Mismo propietario de camiones  
y cargadores..... Hasta - 0,04

— Propietario independiente de  
camiones ..... Hasta + 0,04

— Operación constante ..... Hasta - 0,04

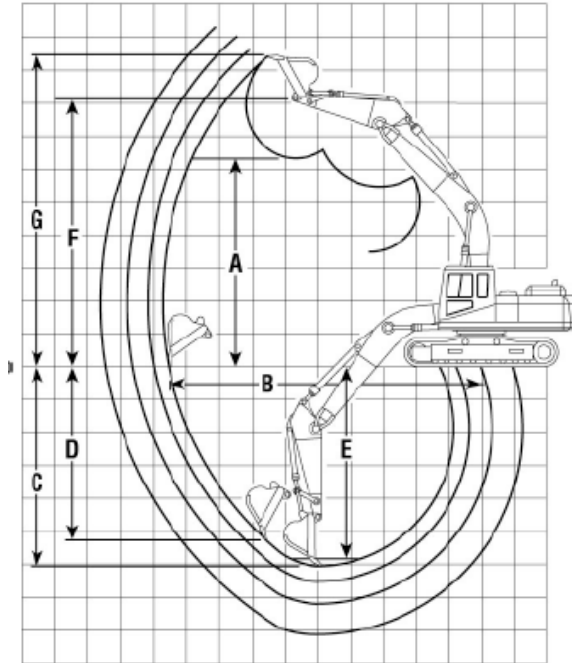
— Operación intermitente..... Hasta + 0,04

— Punto de carga pequeño ..... Hasta + 0,04

— Punto de carga frágil. .... Hasta + 0,05

Utilizando las condiciones reales del trabajo y los factores indicados, se puede estimar el tiempo de ciclo total.

## Excavadora Cat 318BL



**Dimensiones de Excavadora**

### Pluma de una pieza Límites de excavación

- Zapatas y tren de rodaje estándar

#### CLAVE:

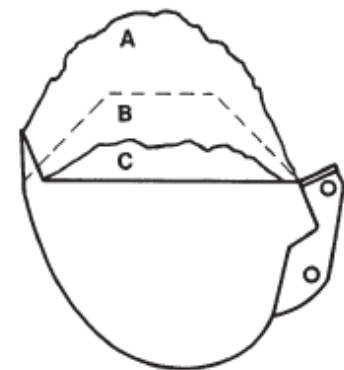
- A** Altura máxima de carga del cucharón con dientes.
- B** Alcance máximo a nivel del suelo.
- C** Profundidad máxima de excavación.
- D** Excavación vertical máxima.
- E** Profundidad máxima de excavación con fondo plano de 2,44 m (8'0").
- F** Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.
- G** Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

#### Fabricadas en Japón

Brazo	1,8 m
	m
<b>A</b>	5,88
<b>B</b>	8,21
<b>C</b>	5,47
<b>D</b>	3,45
<b>E</b>	5,46
<b>F</b>	7,30
<b>G</b>	8,53

## CARGA UTIL DEL CUCHARON

Material	Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	A — 100-110%
Arena y grava	B — 95-110%
Arcilla dura y compacta	C — 80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

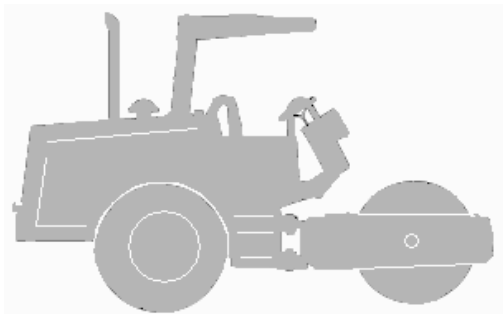


**Tabla A- 23:** Producción teórica excavadoras de cadena

Metros cúbicos por hora de 60 minutos

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON — METROS CUBICOS SUELTOS																				Tiempos de Ciclo Calculados	
Tiempo en																						Ciclos por min.	Ciclos por seg.
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0			
10,0	0,17																					6,0	360
11,0	0,18																					5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270																5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080		4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960		4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840		3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720		3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600		2,5	150
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480		2,0	120
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408		1,7	102
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360		1,5	90
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312		1,3	78
50,0	0,83																					1,2	72

### Compactador vibratorio Cat CS 533D



**Tabla A - 24:** Producción de Compactadoras vibratorias

Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)  
Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculos de producción			
	cm	pulg	cm	pulg		Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Áreas abiertas	
CS-323C	127	50	10,2	4	6	m³/hr yds³/hr	80 104	111 145	122 159
CS-431C, CS-433C	167,6	66	10,2	4	4	m³/hr yds³/hr	159 209	249 326	249 326
CS-531D, CS-533D	213,4	84	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	239 313	299 391	324 424
CS-563D									
CS-583D	213,4	84	15,2	6	4	m³/hr yds³/hr	— —	448 587	486 636
CP-323C	127	50	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	120 156	133 174	183 239
CP-433C	167,6	66	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	159 209	199 261	249 326
CP-533D, CP-563D	213,4	84	30,5	12	6	m³/hr yds³/hr	478 626	478 626	647 847

#### **IV. FOTOGRAFIAS**



**Fotografía 1:** Estación 0+000: Inicio del adoquinado



**Fotografía 2:** Estación 0+210: Entrada al barrio Los Ángeles





**Fotografía 3:** Estación 0 + 220 Realización de Aforo



**Fotografía 4:** Estacion 0+420: Entrada a Bagazal # 1



**Fotografía 5:** Traslado de un punto central de la carretera a una parte elevada



**Fotografía 6:** Estacion 0 + 340: Colocacion del vado #1





**Fotografía 7:** Estacion 0 + 560: Entrada al barrio El Kilombo y colocacion del Vado # 2



**Fotografía 8:** Estacion 0 + 920: Colocacion del vado #3





**Fotografía 9:** Estacion 0+980: Entrada al barrio Esperanza



**Fotografía 10:** Condicion de la carretera en tiempo de invierno



**Fotografia 11:** Acumulacion de aguas pluviales en la carretera



**Fotografia 12:** Etapa de campo "auger manual" para el estudio de suelo, Diriamba – Carazo





**Fotografía 13:** Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio del CIGEO UNAN- MANAGUA.



“Delimitación de cuenca hidrografica”